



2014년 8월 석사학위논문

# Micro-CT를 이용한 맞춤형 CAD/CAM 지대주의 적합에 관한 연구

조선대학교 대학원

치의학과

민 광 석

2014년8월 석사학위논문

Micro-CT ে তিওঁক দেশ্বৰু CAD/CAM মাদ্দল মাকা কা ভাদ

민 광

석

# Micro-CT를 이용한 맞춤형 CAD/CAM 지대주의 적합에 관한 연구

Fit of CAD/CAM custom-made Abutment using Micro-CT

2014년 8월 25일

조선대학교 대학원

# 치의학과

민 광 석



# Micro-CT를 이용한 맞춤형 CAD/CAM 지대주의 적합에 관한 연구

## 지도교수 정재 헌

이 논문을 치의학 석사학위신청 논문으로 제출함

2014년 4월

조선대학교 대학원

치의학과

민 광 석



# 민광석의 석사학위 논문을 인준함

위욱	비장	조선대학교	교 수	최 한 철	(인)
위	원	조선대학교	교 수	정 재 헌	(인)
위	원	조선대학교	교 수	김 희 중	(인)

2014년 5월

# 조선대학교 대학원

Collection @ chosun

ABSTRACT v
I.서 론1
Ⅱ. 실험재료 및 방법
Ⅲ. 실험 결과
IV. 고 찰
V. 결 론 ··································
참고문헌



### 표목차

- Table 1. Types of Implant system, abutment, screws, a number ofspecimens and torque value used in this study.6
- Table 3. Contact length on interfaces in Astra group and statical analysisfor contact length by Mann-Whitney test15
- Table 4. Preloading reverse torque values and statistical analysis for RTV by Student t-test in Biomet 3i group ......16
- Table 5. Preloading reverse torque values and statistical analysis for RTV by Student t-test in Astra group ......16



### 도목차

Fig. 1. Implant fixture used in this study.

- (a) OSSEOTITE<sup>®</sup> Certain (Biomet 3i, Palm Beach Garden, FL, USA)
- (b) OsseoSpeed<sup>™</sup> (Astra, Mölndal, Sweden) ······ 3

Fig. 2. Abutments used in this study.

- (a) Biomet 3i Ready-made abutment(GingiHue<sup>®</sup> Post, Biomet 3i, Palm Beach Garden, FL, USA)
- (b) Raphabio Custom-made abutment(Myplant, Raphabio, Seoul, Korea) for 3i system
- (c) Astra Ready-made abutment(TiDesign<sup>™</sup>, Astra, Mölndal, Sweden)

Fig. 3. Screws used in this study.

- (a) Biomet 3i Ready-made screw(Biomet 3i, Palm Beach Garden, FL, USA)
- (c) Raphabio Custom-made screw(Myplant, Raphabio, Seoul, Korea) for 3i system
- (b) Astra Ready-made screw(Astra, Mölndal, Sweden)
- Fig. 4. Prosthetic moter screw driver (iSD900, NSK, Japan) ..... 6



Fig. 6. Micro-CT images sectioned at 3 planes at each specimen ...... 8

Fig. 7. Digital torque wrench (MGT 12<sup>®,</sup> Mark-10 Co., USA) ...... 8

Fig. 8. Micro-CT images.

- (a) Ready-made abutment in Biomet 3i group
- (b) CAD/CAM Custom-made abutment in Biomet 3i group
- (c) Ready-made abutment in Astra group
- (d) CAD/CAM Custom-made abutment in Astra group ...... 9
- Fig. 9. Micro-CT images of abutment-screw interface in Biomet 3i group.
  - (a) Ready-made abutment
  - (b) CAD/CAM Custom-made abutment ..... 10

Fig. 10. Micro-CT images of fixture-abutment interface in Biomet 3i group. (a) Ready-made abutment

- (b) CAD/CAM Custom-made abutment ..... 11
- Fig. 11. Micro-CT images of fixture-screw interface in Biomet 3i group.
  - (a) Ready-made abutment
  - (b) CAD/CAM Custom-made abutment ..... 12
- Fig. 12. Micro-CT images of screw-abutment interface in Astra group.
  - (a) Ready-made abutment
  - (b) CAD/CAM Custom-made abutment ..... 13
- Fig. 13. Micro-CT images of fixture-abutment interface in Astra group.
  - (a) Ready-made abutment
  - (b) CAD/CAM Custom-made abutment ..... 14



#### Fig. 14. Micro-CT images of fixture-screw interface in Astra group.

(a) Ready-made abutment	
(b) CAD/CAM Custom-made abutment	14

(b)	CAD/CAM	Custom-made	abutment	•••••	14	4
-----	---------	-------------	----------	-------	----	---



### ABSTRACT

## Fit of CAD/CAM custom-made Abutment using Micro-CT

Min, Gwang-Seok Advisor : Prof. Chung, Chae-Heon, D.D.S, Ph.D. Department of Dentistry Graduate School of Chosun University

CAD/CAM custom-made abutment has been currently produced in Korea as well. However, doubt has been increasing about the precision and stability between CAD/CAM custom-made abutment, fixture, and screw.

In this study, implant fixtures from 2 manufacturers were selected, and ready-made abutment and CAD/CAM custom-made abutment were fabricated. Then, the fitness between fixture, abutment, and screw was studied by reverse torque value and Micro-CT.

Implant fixtures were chosen as OSSEOTITE<sup>®</sup> Certain(Biomet 3i, Palm Beach Garden, FL, USA) and OsseoSpeed<sup>™</sup> (Astra, Mölndal, Sweden). 6 ready-made abutments compatible with each fixture and 6 CAD/CAM abutments(Myplant, Co., Seoul, Korea) custom-made Raphabio were fabricated, and screws provided by each company were used. Fixture and abutments were tightened with 20Ncm according to the manufacturer's instruction. Micro-CT was taken for the fitness test, and 3 surfaces were aquired along the line which connected hex points(vertexs), inner connection area of abutment. On the cross-section, the fitness (adaptive) states of the interfaces beween abutment-screw, fixture-abutment, and fixture-screw were observed, and the contact lengths on each interface were measured.



Mann-Whitney test (P <.05) was used for statistical analysis of the contact lengths of 2 abutments. Preloding reverse torque values(RTV) were measured 3 times repeatedly for screw stability test. Student t-test (P <.05) was used for significance between RTVs of 2 abutments.

The results are as follows:

- 1. The case of CAD/CAM custom-made abutment shows precise and proper contact on interfaces between abutment-screw, fixture-abutment, and fixture-screw. Comparing to the case of ready-made abutment, the case of CAD/CAM custom-made abutment has significantly longer contact length on interfaces between abutment-screw, and fixture-screw, but there is no significant difference between fixture-abutment.
- 2. Comparing to the case of ready-made abutment, the case of CAD/CAM custom-made abutment indicates lower value of the RTV.

In conclusion, it is considered that domestically manufactured CAD/CAM custom-made abutment has better fitness and lower initial reverse torque than ready-made abutment.



### I. 서 론

임플란트의 단면은 원형이며 자연치아의 치근과 비교했을 때 직경이 더 좁기 때 문에, 임상가들은 어려움을 겪는다.<sup>3</sup> 일반적으로 임플란트 제조사가 제공하는 기성 지대주(Ready-made abutment) 사용시 emergence profile이 자연스럽지 못하고 보 철물이 과풍융되기 쉽다.<sup>4</sup> 이러한 어려움을 해결하기 위해, UCLA 지대주<sup>5</sup> 와 같은 여러 가지 시도들이 소개되어왔다. 그러나 이러한 지대주들 사용시 주조오차나 적 합 문제, 부적절한 회전 저항력(antirotational capability), 귀금속 사용량 증가에 따 른 제작 비용 증가 등의 문제점이 발생하였다. <sup>6</sup>

최근에는 급속한 컴퓨터 기술의 발전으로 CAD/CAM 제작방식을 통해 해부학적 으로 이상적인 형태를 갖는 맞춤형 지대주(CAD/CAM custom-made abutment)를 제작할 수 있게 되었다. 이러한 맞춤형 CAD/CAM 지대주는 개개 치아의 emergence profile을 재현 할 수 있고, 최종 보철물을 이상적으로 제작할 수 있으 며, 유지와 지지 형태를 최적화 할 수 있는 장점을 갖는다.<sup>4,7</sup> 또한, 이상적인 위치 에서 벗어난 고정체의 위치를 보상할 수 있게 되었고, <sup>6,14</sup> CAD/CAM 제작 방식으 로 인해 전통적인 왁스업과 주조 과정 시에 발생하는 오차를 없앨 수 있게 되었으 며,<sup>15</sup> 일정한 결과와 생산성을 확보할 수 있게 되었다.<sup>4</sup>

임플란트 고정체-지대주-나사 사이의 정확한 적합은 기계적, 생물학적인 측면에 서 임상 결과에 중요한 영향을 미친다. 불안정한 접촉 계면을 갖는 임플란트 고정 체와 지대주 연결은 나사에 부적절한 응력을 가할 수 있으며,<sup>8</sup> 임플란트 나사 결합 체(screw joint) 내에 미세 운동이 발생되어 임플란트와 지대주 사이에 부가적인 운동을 허용함으로써 나사의 풀림 및 파절 및 심한 경우 고정체의 골유착 파괴에 이를 수 있다. 따라서 대응되는 적합면 사이의 긴밀한 접촉은 지대주 나사에 전달 되는 하중을 최소화하는데 중요하다.<sup>9</sup> 또한 고정체와 지대주 사이의 연결부위에서 미세누출은 임플란트 주변 연조직의 염증과 악취를 일으킬 수 있다.<sup>10,11</sup>

맞춤형 CAD/CAM 지대주의 임상 결과에 대한 보고들을 살펴보면, Jemt등<sup>16</sup>과 Canulio등<sup>17</sup>은 구강 내에서 12개월, 44개월 동안 기능한 결과 임플란트와 상부보철 물에 특별한 합병증과 실패를 보이지 않는다고 하였다. 맞춤형 CAD/CAM 지대주 사용의 장점과 안정적인 임상 결과로 맞춤형 CAD/CAM 지대주의 사용이 증가하 였으며, 현재 다수의 회사들이 맞춤형 CAD/CAM 지대주를 제작하고 있다. 해외 뿐만 아니라 국내에도 CAD/CAM 제작 방식을 이용한 맞춤형 지대주가 생산되고 있는데 고정체-지대주-나사 사이의 적합성과 나사의 안정성에 대한 연구 및 장기

# Collection @ chosun-

적인 임상결과는 아직 미비한 실정이다.

Micro-CT(X-ray microcomputed tomography)는 1980년대 초에 개발된 후, voxel 크기의 감소와 해상도 증가 등의 발전을 이루었다. 현재 Micro-CT 시스템을 이용한 치과계 연구는 생체 경조직 및 연조직, 세라믹이나 합성물, 금속과 같은 여 러 재료들의 검사 뿐만 아니라 실험동물의 in vivo연구에도 활용되고 있다.<sup>12,25,26</sup> 이 러한 Micro-CT 시스템은 X-ray 촬영후 3D 재구성을 통해 단면을 얻기 때문에, 원하는 정확한 위치의 단면을 얻을 수 있고 동일한 시편 내에서 다양한 위치의 단 면을 관찰할 수 있다. 또한 기존 주사전자현미경 촬영을 위한 시편 제작시 필요한 포매 및 연마 과정을 생략할 수 있고, 시편의 손상이 없기 때문에 동일한 시편으로 다양한 실험을 할 수 있는 장점이 있다.

따라서 본 연구에서는 두 외국제조사의 임플란트 고정체를 선정하고 기성 지대 주 및 국내에서 제작된 맞춤형 CAD/CAM 지대주를 이용하여 이들이 체결된 경우 의 초기 풀림 토크의 측정 및 Micro-CT를 이용하여 임플란트 고정체, 지대주, 나 사 사이의 적합성에 대해 비교, 검토 하고자 한다.



### II. 실험재료 및 방법

#### 1. 실험재료

1) 임플란트 고정체의 선택

본 실험에서 사용된 임플란트 고정체는 직경 4.1mm, 길이 11.5mm의 Biomet 3i 사 OSSEOTITE<sup>®</sup> Certain (Palm Beach Garden, FL, USA) 6개와 직경 4.0mm, 길 이 11.0mm의 Astra사 OsseoSpeed<sup>™</sup> (Mölndal, Sweden) 6개이다. 두 종류의 임플 란트 고정체 모두 육각형의 내측연결 구조를 갖는다(Fig. 1).



Fig. 1. Implant fixture used in this study.

(a) OSSEOTITE<sup>®</sup> Certain (Biomet 3i, Palm Beach Garden, FL, USA)

(b) OsseoSpeed<sup>™</sup> (Astra, Mölndal, Sweden)

2) 지대주 및 나사의 선택

기성 지대주는 고정체 제조사에서 제작된 Biomet 3i사의 GingiHue<sup>®</sup> Post (Biomet 3i, Palm Beach Garden, FL, USA)와 Astra사의 TiDesign<sup>™</sup> (Astra, Mölndal, Sweden)를 각각 사용하였다(Fig. 2).

맞춤형 CAD/CAM 지대주 제작을 위해 임플란트 고정체가 식립된 레진 모형을 인상채득하여 작업모형을 제작하였다. 이후 Raphabio사(Myplant, Raphabio Co., Seoul, Korea)에 맞춤형 CAD/CAM 지대주를 제작 의뢰하였다(Fig. 2.). 고정체와 지대주의 연결을 위한 나사는 각 회사에서 제공되는 것을 사용하였다(Fig. 3)(Table 1).





- Fig. 2. Abutments used in this study.
  - (a) Biomet 3i Ready-made abutment(GingiHue<sup>®</sup> Post, Biomet 3i, Palm Beach Garden, FL, USA)
  - (b) Raphabio Custom-made abutment(Myplant, Raphabio, Seoul, Korea) for 3i system
  - (c) Astra Ready-made abutment(TiDesign<sup>™</sup>, Astra, Mölndal, Sweden)
  - (d) Raphabio Custom-made abutment(Myplant, Raphabio, Seoul, Korea) for Astra system





- (a) (b) (c) (d)
- Fig. 3. Screws used in this study.
  - (a) Biomet 3i Ready-made screw(Biomet 3i, Palm Beach Garden, FL, USA)
  - (b) Raphabio Custom-made screw(Myplant, Raphabio, Seoul, Korea) for 3i system
  - (c) Astra Ready-made screw(Astra, Mölndal, Sweden)
  - (d) Raphabio Custom-made screw(Myplant, Raphabio, Seoul, Korea) for Astra system



Implant		G	No. of	Recommeded
system	Abutment	Screw	specimens	Torque (Ncm)
Biomet 3i	Biomet 3i Ready-made abutment	Titanium (Ready-made)	6	20Ncm
Internal Hex	Raphabio CAD/CAM Custom-made abutment	Titanium (CAD/CAM custom-made)	6	20Ncm
Astra	Astra Ready-made abutment	Titanium (Ready-made)	6	20Ncm
Internal Hex	Raphabio CAD/CAM Custom-made abutment	Titanium (CAD/CAM custom-made)	6	20Ncm

Table 1. Types of Implant systems, abutments, screws, a number of specimens and torque value used in this study.

3) 고정체와 지대주의 체결

한 명의 숙련된 보철의사가 임플란트 고정체를 jig에 고정한 후 지대주를 체결하 였다. 정확한 조임 토크를 가하기 위하여 임플란트 보철용 moter screw driver (iSD900, NSK, Japan) (Fig. 4)를 사용하였으며, 각 실험군마다 20Ncm로 조임 토 크를 가하였다. 이 후 계면의 표면침하에 따른 전하중 소실을 보상하기 위해 10분 후 동일 조임 토크를 한번 더 적용하였다.<sup>13</sup>



Fig. 4. Prosthetic moter screw driver (iSD900, NSK, Japan).



#### 2. 실험방법

1) 적합성 실험

고정체-지대주-나사 간의 적합성을 알아보기 위해 Micro-CT (SkyScan1173, SKYSCAN, Kontich, Belgium)를 촬영하였으며(Fig. 5), 각 시편마다 지대주의 내 측연결부인 육각형의 꼭지점을 연결한 선을 따라 3가지 단면을 얻었다(Fig. 6). 단 면 상에서 지대주-나사의 계면, 고정체-지대주의 계면, 고정체-나사의 계면의 적합 상태를 관찰하고, 각 계면에서 양측의 접촉 길이를 측정하였다. 고정체-나사의 계 면의 접촉면의 수는 시편마다 약간의 차이가 있어서 접촉하고 있는 3개의 접촉면 의 길이를 대상으로 하였다.



Fig. 5. Micro-CT (SkyScan1173; SKYSCAN, Kartuizersweg 3B 2550 Kontich, Belgium) and Micro-CT images.





Fig. 6. Micro-CT images sectioned at 3 planes at each specimen.

2) 나사 안정성 실험 : 초기 풀림 토크의 측정

체결된 지대주와 나사의 안정성 실험을 위하여 초기 풀림 토크를 측정하였다. 디 지털 토크렌치 (MGT 12<sup>®,</sup> Mark-10 Co., USA) (Fig. 7)를 이용하여 각각의 고정체 -지대주 연결체의 초기 풀림 토크를 시편당 3회 반복 측정하였다.



Fig. 7. Digital torque wrench (MGT 12<sup>®,</sup> Mark-10 Co., USA)

#### 3. 통계분석

SPSS Ver. 20.0 (SPSS Inc., IL, USA) 프로그램을 이용하여 각 시편의 접촉길이 와 초기 풀림 토크 값의 평균 및 표준편차를 계산하였다. 기성 지대주와 맞춤형 CAD/CAM 지대주 사이의 유의성을 비교하기 위하여 적합성 실험은 Mann-Whitney test (P <.05)를 시행하였고, 안정성 실험은 Student t-test (P <.05)를 시행하였다.

# Collection @ chosua-

## III. 실험 결과

#### 1. 적합성 실험



Fig. 8. Micro-CT images.

- (a) Ready-made abutment in Biomet 3i group
- (b) CAD/CAM Custom-made abutment in Biomet 3i group
- (c) Ready-made abutment in Astra group
- (d) CAD/CAM Custom-made abutment in Astra group

# Collection @ chosun-

Biomet 3i군의 OSSEOTITE<sup>®</sup> Certain에서는 고정체-지대주의 계면이 고정체의 첨단(top)부위에서 수평적으로 존재하였다. 기성 지대주와 맞춤형 CAD/CAM 지대 주 모두에서 고정체-지대주의 계면, 지대주-나사의 계면, 고정체-나사의 계면에서 의 접촉이 관찰되었으며, 고정체 경부의 내부와 지대주 사이에서 약간의 틈이 존재 하였다. 기성 지대주의 첨부(apex)에 존재하는 지대주의 정확한 적합을 확인할 수 있는 Certain부위는 맞춤형 CAD/CAM 지대주에서는 재현하지 못하여 해당 부위에 빈 공간이 존재하였다(Fig. 8 a,b).

Astra군의 OsseoSpeed<sup>™</sup> 는 고정체-지대주 간의 적합이 11도의 morse taper구조 로 나타났으며, 기성 지대주와 맞춤형 CAD/CAM 지대주 모두에서 고정체-지대주 의 계면, 지대주-나사의 계면, 고정체-나사의 계면에서의 접촉이 관찰되었다. (Fig. 8 c,d).

#### 1) Biomet 3i OSSEOTITE<sup>®</sup> Certain

(1) 고정체-지대주의 계면

고정체의 첨단(top) 부위에서 지대주와의 수평적인 접촉이 균일하게 관찰되었다 (Fig. 9). 계면에서의 접촉 길이는 기성 지대주에서 338.08±18.58µm, 맞춤형 CAD/CAM 지대주에서 334.0±70.67µm였으며, 통계적으로 유의한 차이가 없었다 (Table 2).



Fig. 9. Micro-CT images of fixture-abutment interface in Biomet 3i group.

- (a) Ready-made abutment
- (b) CAD/CAM Custom-made abutment



(2) 지대주-나사의 계면

나사 두부(head)의 기저부와 지대주의 견부(shoulder)의 접촉은 기성 지대주에 서는 나사 두부의 기저부 중앙 일부만이 접촉하는 양상을 보였으나, 맞춤형 CAD/CAM 지대주에서는 전체적으로 더 많은 접촉을 보여주었다. 또한 나사의 두부 및 경부의 측벽과 지대주 사이에는 두 지대주 모두에서 틈이 존재하였다 (Fig. 10). 계면에서의 접촉 길이는 기성 지대주에서 59.83 ± 8.85 µm, 맞춤형 CAD/CAM 지대주에서 145.67±10.27 µm였으며, Mann-Whitney test를 시행한 결 과 통계학적으로 유의한 차이가 있었다(Table 2).



Fig. 10. Micro-CT images of abutment-screw interface in Biomet 3i group.

- (a) Ready-made abutment
- (b) CAD/CAM Custom-made abutment

(3) 고정체-나사의 계면

접촉양상은 두 지대주 모두 나사산의 상부가 접촉되고 하부에서는 틈이 관찰 되었다(Fig. 11). 한 개의 고정체-나사 계면에서의 접촉 길이는 기성 지대주에 서 84.61±7.46µm, 맞춤형 CAD/CAM 지대주에서 138.31±11.66µm였으며, 통계적 으로 유의한 차이가 있었다(Table 2).







(F:fixture, S:screw, Arrow:fixture-screw interface) (a) (b)

- Fig. 11. Micro-CT images of fixture-screw interface in Biomet 3i group.
  - (a) Ready-made abutment
  - (b) CAD/CAM Custom-made abutment

		Mean±SD	Mann-Whitney
		( <i>µ</i> m)	P-value
Fixture-	Ready-made Abutment	338.08±18.58	- 0.150
interface	Custom-made Abutment	334.0±70.67	0.150
Abutment-	Ready-made Abutment	59.83±8.85	0.004*
interface	Custom-made Abutment	145.67±10.27	- 0.004
Fixture-	Ready-made Abutment	84.61±7.46	- 0.001*
interface	Custom-made Abutment	138.31±11.66	0.004
* significantly d	ifferent $(P < 05)$		

Table 2. Contact length on interfaces in Biomet 3i group and statistical analysis for contact length by Mann-Whitney test

significantly different (P < .05)



2) Astra OsseoSpeed<sup>™</sup>

(1) 고정체-지대주의 계면

기성 지대주와 맞춤형 CAD/CAM 지대주 둘 다, 모든 단면에서 morse taper부 위의 길고 명확한 접촉이 관찰되었다. (Fig. 12) 계면에서의 접촉 길이는 기성 지대 주에서 1028.33±51.04µm, 맞춤형 지대주에서 1036.68±108.01µm였으며, 통계적으로 유의한 차이가 없었다(Table 3).



- Fig. 12. Micro-CT images of fixture-abutment interface in Astra group.
  - (a) Ready-made abutment
  - (b) CAD/CAM Custom-made abutment

(2) 지대주-나사의 계면

기성 지대주에서는 나사 두부(head)의 기저부와 지대주의 견부(shoulder)의 접촉이 존재하였지만, 일부 시편에서는 좌우측 중 한 곳에서만 관찰되었다. 맞 춤형 지대주에서는 지대주-나사의 접촉은 더 길고, 관찰한 단면끼리 비교했을 때 균일하게 나타났다(Fig. 13). 한 계면에서의 접촉 길이는 기성 지대주에서 167.33±16,51µm, 맞춤형 CAD/CAM 지대주에서 299.0±13.06µm였으며, Mann-Whitney test를 시행한 결과 통계적으로 유의한 차이가 있었다(Table 3).







- Fig. 13. Micro-CT images of screw-abutment interface in Astra group.
  - (a) Ready-made abutment
  - (b) CAD/CAM Custom-made abutment
- (3) 고정체-나사의 계면

기성 지대주와 맞춤형 CAD/CAM 지대주에서의 접촉양상은 두 지대주 모두 나 사산의 상부가 접촉되고 하부에서는 틈이 관찰되었다(Fig. 14). 한 개의 고정체-나 사 계면에서의 접촉 길이는 기성 지대주에서 167.19±9.60µm, 맞춤형 CAD/CAM 지 대주에서 155.36±7.83µm로 나타났으며, 통계적으로 유의한 차이가 있었다(Table 3).





- Fig. 14. Micro-CT images of fixture-screw interface in Astra group.
  - (a) Ready-made abutment
  - (b) CAD/CAM Custom-made abutment



		Mean±SD (µm)	Mann-Whitney P-value	
Fixture-	Ready-made Abutment	1028.33±51.04	0.020	
Abutment	Custom-made Abutment	1036.68±108.01	- 0.262	
Abutment-	Ready-made Abutment	167.33±16,51	- 0.004*	
interface	Custom-made Abutment	299.0±13.06		
Fixture-	Ready-made Abutment	167.19±9.60	0.027*	
interface	Custom-made Abutment	155.36±7.83	- 0.037	

Table 3. Contact length on interfaces in Astra group and statical analysis for contact length by Mann-Whitney test

\* significantly different (P<.05)



#### 2. 나사 안정성 실험 : 초기 풀림 토크

#### 1) Biomet 3i OSSEOTITE<sup>®</sup> Certain

지대주의 초기 풀림 토크 값은 기성 지대주에서 15.76±0.56Ncm, 맞춤형 CAD/CAM 지대주에서 14.47±0.85Ncm였다. 두 지대주 사이의 초기 풀림 토크에 대한 통계적인 평가를 위해 Student t-test를 시행한 결과 유의한 차이가 있었다(Table 4).

Table 4. Preloading reverse torque values and statistical analysis for RTV by Student t-test in Biomet 3i group

	Min. (Ncm)	Max. (Ncm)	Mean±SD (Ncm)	t-test P-value	
Ready-made Abutment	14.4	16.0	15.76±0.56	0.001*	
Custom-made Abutment	13.3	16.5	14.47±0.85		

\* significantly different (P<.05)

#### 2) Astra OsseoSpeed<sup>™</sup>

지대주의 초기 풀림 토크 값은 기성 지대주에서 15.76±0.56Ncm, 맞춤형 CAD/CAM 지대주에서 14.47±0.85Ncm였다. 두 지대주 사이의 초기 풀림 토크에 대한 통계적인 평가를 위해 Student t-test를 시행한 결과 유의한 차이가 있었다(Table 5).

Table 5. Preloading reverse torque values and statistical analysis for RTV by Student t-test in Astra group

	Min. (Ncm)	Max. (Ncm)	Mean±SD (Ncm)	t-test P-value
Ready-made Abutment	14.7	17.1	15.76±0.73	0.00003*
Custom-made Abutment	12.8	15.9	14.41±0.90	0.00002

\* significantly different (P<.05)



#### IV. 고 찰

본 연구에서는 국내에서 제작된 맞춤형 CAD/CAM 지대주의 적합성과 나사 안정 성에 대해 알아보고자 하였다.

그 동안 맞춤형 CAD/CAM 지대주에 대한 적합성에 관한 많은 연구들이 있었다. Sumi 등<sup>1</sup>은 내측 연결형 임플란트 고정체에 대해 Atlantis<sup>™</sup> 티타늄 지대주와 지르 코니아 지대주, Procera 티타늄 지대주와 지르코니아 지대주의 적합성을 FE-SEM 을 통해 관찰한 결과 완벽한 적합을 이룬다고 보고하였고, Lang 등<sup>2</sup>은 4가지 종류 의 외측 연결형 임플란트 고정체에 대해 CAD/CAM Procera 지대주 및 나사의 적 합이 우수함을 보고하였다. 국내에서 제작된 내측 연결형 임플란트 고정체에 대해 맞춤형 CAD/CAM 지대주의 적합성에 대한 연구에서는, 고정체-지대주의 계면과 고정체-나사의 계면에서는 맞춤형 CAD/CAM 지대주가 더 부적합성을 보였다<sup>18</sup>.

본 연구에서 고정체-지대주의 계면은 모든 군에서 양호한 적합을 보이며 통계적 으로도 유의한 차이가 없었다. 기계적인 관점에서 이러한 양호한 적합은 교합력과 같은 응력이 가해질 경우 적절한 응력 분산을 통해 고정체-지대주-나사 결합체의 안정을 도모할 수 있으리라고 사료된다.<sup>16,19-23</sup>

지대주-나사의 계면에서 나사 두부(head)의 기저부와 지대주 견부(shoulder) 사 이의 접촉은 맞춤형 CAD/CAM 지대주에서 기성 지대주보다 더 넓게 접촉하였는 데, 이는 CAD/CAM 제작방식 및 나사의 형태 차이에 의한 것으로 생각된다.<sup>19</sup> 또 한 모든 그룹에서 나사의 측벽과 지대주 사이에 9~72µm에 이르는 간격이 관찰되 었다.

고정체-나사의 계면을 관찰한 결과 모든 군에서 양호한 적합성을 보였으며, 나사 산의 상부가 고정체의 나사면에 접촉하고 하부에서는 간격이 관찰되었다. 이는 나 사를 조임으로써 신장된 나사가 이 후 압축되면서 상부만 접촉하는 양상을 보이기 때문인 것으로 생각된다.<sup>19,24</sup>

고정체-나사 계면에서의 접촉면의 수를 살펴보면, Biomet 3i의 기성 지대주에서 는 4-5개로 단면마다 균일한 접촉면의 수가 관찰되었으나, 맞춤형 CAD/CAM지대 주의 일부 단면에서는 3개의 접촉면이 관찰되어 단면마다 불균일한 개수의 접촉면 이 존재하였다. Astra군의 기성 지대주에서는 5-6개의 접촉면이 나타났으나, 맞춤 형 CAD/CAM 지대주에서는 4-5개의 접촉면이 나타났다. 이러한 기성 지대주와 맞 춤형 CAD/CAM 지대주 사이에 존재하는 고정체-나사 계면에서의 접촉면의 개수 차이는 나사 안정성에 영향을 미칠 수 있을 것으로 사료된다.

# Collection @ chosun -

본 연구에서는 고정체-지대주-나사 결합체의 적합성 실험을 위해 Micro-CT 시 스템을 이용하여 단면을 얻었다. 이전의 연구들에서 사용한 주사전자현미경을 통한 관찰을 위해서는 시편의 포매, 절삭 및 연마 과정 때문에 오차가 발생하고, 정확한 위치의 단면을 획득하기 어려우며, 시편의 손상이 발생하는 단점이 있었다.<sup>25</sup> Micro-CT 이용시 정확한 위치의 단면 관찰이 가능하며, 시편의 손상되지 않기 때 문에 동일한 시편으로 추가적인 실험이 가능하리라 생각된다. 또한 추후 소프트웨 어 발달을 통해 3차원적인 접촉면의 면적과 양상의 관찰이 가능하리라 기대되며, Micro-CT 데이터를 이용해 유한요소분석(Finite element analysis)시행 시 응력이 가해졌을 때 고정체-지대주-나사 결합체 내부의 응력 분포 및 변형 양상을 분석할 수 있게 될 것으로 기대된다. 고정체-지대주-나사 결합체의 적합성 평가시 Micro-CT 시스템 이용법에 대해서는 다른 분석법과의 비교에 대한 후속 연구가 필요하리라 생각된다.

나사 안정성을 평가하기 위해서 나사의 풀림 토크 측정이 사용되고 있으며, 이러 한 풀림 토크는 나사 풀림 직전에 남아 있는 전하중의 척도를 의미한다.<sup>27,28</sup> 본 실 험에서 나사의 초기 풀림 토크 값이 조임 토크 값보다 작게 측정되었는데 이는 나 사를 조임으로서 발생하는 마찰력에 의해 조임 토크 일부가 상실되기 때문으로 추 정된다. <sup>27,28</sup> 나사의 조임 토크 값에 대한 초기 풀림 토크 값에 대한 이전 연구에서 Haack등<sup>29</sup>은 UCLA 지대주를 20Ncm로 조였을 경우엔 금이나 티타늄 나사에서 75 ~80%였고, 김 등<sup>18</sup>은 맞춤형 CAD/CAM 지대주를 30Ncm로 조였을 경우엔 티타 늄 나사에서 82~87%로 보고하였다. 본 실험에서 조임 토크 값에 대한 초기 풀림 토크 값의 비는 기성 지대주에서 79%, 맞춤형 지대주에서 72% 정도로 이전 연구 와 유사한 결과를 얻었다. 본 실험에서 두 지대주 사이에 초기 풀림 토크 값을 비 교한 결과 기성 지대주의 초기 풀림토크보다 맞춤형 CAD/CAM 지대주의 초기 풀 림 토크가 유의적으로 낮게 측정되었으며 이는 맞춤형 CAD/CAM 지대주의 차기 풀 러 도크가 유의적으로 낮게 측정되었으며 이는 맞춤형 CAD/CAM 지대주의 자라 안정성이 떨어짐을 의미한다. 이러한 맞춤형 CAD/CAM 지대주는 나사의 재료 차 이에 따른 마찰계수의 차이나 나사의 절삭 과정시 발생하는 정밀도에 의해 발생하 는 것으로 생각된다.

위의 결과를 종합해 볼 때 국내에서 제작된 맞춤형 CAD/CAM 지대주를 이용한 경우에도 각 제조회사에서 제작된 기성 지대주를 이용한 경우와 같이 고정체-지대 주-나사 간의 적합도는 대체로 양호하였으나, 초기 풀림 토크에서는 맞춤형 CAD/CAM 지대주의 경우가 기성 지대주의 경우에 비해 약간 떨어지는 경향을 보 였다. 그러나 본 실험에서는 교합력과 같은 반복 하중 후의 풀림 토크 측정 및 토

# Collection @ chosun -

크 상실율 등의 실험이 복합적으로 이루어지지 않아서 나사 결합부의 안정성을 완 전히 평가하기에는 한계가 있을 것으로 생각된다.<sup>28, 30</sup>



### V. 결 론

본 연구에서 두 종류의 내측 연결형 임플란트 고정체에 호환되는 기성 지대주 (Ready-made abutment), 맞춤형 CAD/CAM 지대주 (CAD/CAM custom-made abutment)를 각각 제작하여 Micro-CT를 이용한 고정체-지대주-나사 사이의 적합 성 관찰 및 초기 풀림 토크를 측정하였다.

- 맞춤형 CAD/CAM 지대주는 나사-지대주 계면 및 고정체-지대주 계면, 고정체 -나사 계면에서 긴밀하고 양호한 적합을 보였다. 기성 지대주와 비교시 맞춤형 CAD/CAM 지대주는 나사-지대주 계면과 고정체-나사 계면에서 통계적으로 유의하게 더욱 긴 접촉 길이가 나타났다.
- 맞춤형 CAD/CAM 지대주에서 기성 지대주와 비교시 나사의 초기 풀림 토크 가 더 낮게 측정되었다.



### 참 고 문 헌

- Sumi T, Braian M, Shimada A, Shibata N, Takeshita K, Vandeweghe S, Coelho PG, Wennerberg A, Jimbo R. Characteristics of implant CAD/CAM abutment connections of two different internal connection systems. J Oral Rehabil 2012;39:391–398.
- Lang LA, Sierraalta M, Hoffensperger M, Wang RF. Evaluation of the precision of fit between the Procera custom abutment and various implant systems. Int J Oral Maxillofac Implants 2003;18:652–658.
- Bichacho N. Achieving optimal gingival esthetics around restored natural teeth and implants. Rationale, concepts, and techniques. Dental Clinics of North America 1998:42;763 - 780.
- 4. Kim HS. Fabrication of custom abutment using dental CAD/CAM system. J Korean Dent Assoc 2012;50::118-125.
- 5. Lewis SG, Llamas D, Avera S. The UCLA abutment: a four-year review. The Journal of Prosthetic Dentistry 1992:67;509 - 515.
- Wu T, Liao W, Dai N, Tang C. Design of a custom angled abutment for dental implants using computer-aided design and nonlinear finite element analysis. J Biomech 2010;43:1941–1946.
- 7. Sailer I, Zembic A, Jung RE, Siegenthaler D, Holderegger C, Hämmerle CH. Randomized controlled clinical trial of customized zirconia and titanium implant abutments for canine and posterior single-tooth implant reconstructions: preliminary results at 1 year of function. Clin Oral Implants Res 2009;20:219–225.
- 8. Martin WC, Woody RD, Miller BH, Miller AW. Implant abutment screw rotations and preloades for four different screw materials and surface. J



Prosthet Dent 2001;86:24-32.

- Boggan RS, Strong TA, Misch CE, Bidez MW. Influence of hex geometry and prosthetic table width on statig and fatigue strength od dental implant. J Prosthet Dent 1999;82:436–440.
- Abrahamsson I, Berglundh T, Lindhe J. Soft tissue response to plaque formation at different implant systems. A comparative study in the dog. Clin Oral Implants Res 1998;9:73–79.
- Quirynen M, Bollen CML. Eyssen H, van Steenberghe D. Microvial penetration along the implant components of the Branemark system. An in vitro study. Clin Oral Implants Res 1994;5:239–244.
- Micheal VS, Jing X. State of Art of Micro-CT Applications in Dental Research. Int J Oral Sci 2009;4:177-188
- Siamos G, Winkler S, Boberick KG. Relationship between implant preload and screw loosening on implant-supported prostheses. J Oral Implantol 2002;28:67–73.
- Kerstein RB, Castellucci F, Osorio J. Ideal gingival form with computer-generated permanent healing abutments. Compend Contin Educ Dent. 2000;21:793 - 797; 800 - 801; quiz 2.
- Priest G. Virtual-designed and computer-milled implant abutments. J Oral Maxillofac Surg. 2005;63:22 - 32.
- Henriksson K, Jemt T. Evaluation of custom-made procera ceramic abutments for single-implant tooth replacement: A prospective 1-year follow-up study. Int J Prosthodont 2003;16:626-630.



- Canulio L. Clinical outcome study of customized zirconia abutments for single-implant restorations. Int J Prosthodont 2007;20:489–493.
- 18. Kim JW, Heo YR, Kim HJ, Chae-Heon Chung. A comparative study on the fit and screw joint stability of ready-made abutment and CAD/CAM custom-made abutment J Korean Acad Prosthodont 2013;51:276-83.
- Kim NH, Chung CH, Son MK, Back DH. A Study on the Fit of the Fixture-Abutment-Screw interface. J Korean Acad Prosthodont 2003;41 :503-518.
- 20. Jung SH, Ma JS, Chung CH. A comparative study on the fit in prostheses using premade gold cylinder and plastic cylinder. J Korean Acad Prosthodont 1999;37:825-834.
- 21. Lee HT, Chung CH. Fit of Fixture / Abutment Interface of Internal Connection Implant Systems. J Korean Acad Prosthodont 2004;42:192–209.
- 22. de Morais Alves da Cunha T, de Araújo RPC, da Rocha PVB, Amoedo RMP Comparison of fit accuracy between Procera custom abutments and three implant systems. Clin Implant Dent Relat Res 2012;4:772–777.
- Binon PP. Evaluation of Machining Accuracy and Consistency of Selected Implants, Standard Abutments, and Laboratory Analogs. Int J Prosthodont 1995;8:162–178
- Jang JS, Kim HJ, Chung CH. Detorque force and surface change of coated abutment screw after repeated closing and opening. J Korean Acad Prosthodont 2008;46:500–510.
- 25. Stravros P, Maria K, Spiridon-Oumvertos K, Spiridon Z, George Eliades. Micro-CT Evaluation of the Marginal Fit of Different In-Ceram Alumina



Copings. Eur J Esthet Dent 2009;3:278-292

- Suomalainen AK, Salo A, Robinson S, Peltola JS. The 3DX multi image micro-CT device in clinical dental practice. Dent Radiol 2007;36:80 - 85
- 27. Lee JR, Lee DH, Hwang JW, Choi JH. Detorque values of abutment screws in a multiple implant-supported prosthesis. J Korean Acad Prosthodont 2010;48:280–286.
- Lee CJ, Yang SE, Kim SG. Evaluation of reverse torque value of abutment screws on CAD/CAM custom-made implant abutments. J Korean Acad Prosthodont 2012;50:122–127.
- 29. Haack JE, Sakaguchi RL, Sun T, Coffey JP. Elongation and preload stress in dental implant abutment screws. Int J Oral Maxillofac Implants 1995;10:529–536.
- Kang HW. Compare Stability and Connection of variable customized implant abutments. M.S. Thesis. In: Korea, Clinical Dentistry of Korea University 2012.

