블라스팅 후 산 처리한 표면 임플란트를 즉시 식립시 자외선 처리가 발치와 치유와 골 유착에 미치는 영향

> 연세대학교 대학원 치의학과 김 홍 준

# 블라스팅 후 산 처리한 표면 임플란트를 즉시 식립시 자외선 처리가 발치와 치유와 골 유착에 미치는 영향

# 지도교수 이근우

# 이 논문을 석사 학위논문으로 제출함

# 2013년 6월 일

연세대학교 대학원 치 의 학 과

김 홍 준

# 김홍준의 석사 학위논문을 인준함

| 심사위원 <u></u> | 인 |
|--------------|---|
| 심사위원         | 인 |
| 심사위원 <u></u> | 인 |

# 연세대학교 대학원

2013년 6월 일

# 감사의 글

무사히 학위를 마칠 수 있도록 석사 학위 과정 내내 이끌어 주신 이 근우 지도 교수님께 먼저 깊은 감사를 드립니다. 또한 귀중한 시간을 내주시어 부족한 논문을 살펴주시고 조언과 격려를 해주신 박영범 교수 님, 이재훈 교수님께 감사 드립니다.

제가 이 자리까지 올 수 있도록 항상 따뜻한 관심과 조언으로 인도해 주신 정문규 교수님, 한동후 교수님, 문홍석 교수님, 심준성 교수님, 김 지환 교수님, 김성회 교수님께도 존경과 감사의 인사를 올립니다.

의국생활을 더욱 의미있게 할 수 있도록 함께 해준 동기들인 무성, 경철, 소진, 재영에게 고맙다고 전하고 싶습니다. 또한 지금은 의국에 없지만 함께 생활하며 많은 것을 가르쳐준 선배들과, 함께 의국 생활을 하고 있는 후배들에게도 감사의 말을 전합니다.

마지막으로 항상 저에게 힘을 주고 믿음을 아끼지 않는 가족들과 함 께 기쁨을 나누고 싶고, 마음 깊이 감사를 전합니다.

> 2013년 6월 김홍준 드림

| 차 | 례 |
|---|---|
|---|---|

| 그림 및 표 차례                                 |
|---|
| 국문 요약                                     |
| I. 서론1                                    |
| Ⅱ. 실험재료 및 방법                              |
| 1. 실험동물 및 재료                              |
| 가.실험동물                                    |
| 나.임플란트                                    |
| 다.자외선 조사                                  |
| 2. 실험 방법                                  |
| 가.실험군의 설정                                 |
| 나.외과적 발거 및 임플란트식립                         |
| 다.시편 제작                                   |
| 3. 평가 방법                                  |
| 가. 치근단 방사선 사진을 이용한 골 결손부의 크기 변화 평가9       |
| 나. 모형 제작 및 3D 스캔을 이용한 잔존 골 결손부 크기 평가10    |
| 다. Micro CT를 이용한 방사선학적 평가                 |
| 라. 조직형태학적 계측                              |
| 4. 통계학적 분석                                |
| Ⅲ. 결과16                                   |
| 1. 치근단 방사선 사진을 이용한 골 결손부의 크기 변화 평가        |
| 2. 모형 제작 및 3D 스캔을 이용한 잔존 골 결손부 크기 평가18    |
| 3. Micro CT를 이용한 방사선학적 평가                 |
| 4. 조직형태학적 계측                              |
| IV. 고찰·······25                           |
| V. 결론···································· |
| 참고 문헌                                     |
| 영문 요약                                     |

# 그림 차례

| Fig.1. Design of implant fixture and SEM images of SA surface                    | 5 |
|--|---|
| Fig.2. Photofunctionalization of implant fixture surface by ultraviolet light    | 3 |
| Fig.3. Diagram of experimental design protocol                                   | 7 |
| Fig.4. Photograph of surgical procedure on maxilla                               | 3 |
| Fig.5. Measuring the defect size on periapical radiograph10                      | ) |
| Fig.6. Impression using polyvinylsiloxane and stone model of maxilla11           | L |
| Fig.7. 3D laser scanner and three dimensional virtual model                      | L |
| Fig.8. Range for bone volume measuring   | 2 |
| Fig.9. Periapical radiograph on maxilla  | 3 |
| Fig 10. Histologic images after implantation 14                                  | 1 |
| Fig 11. Calculation of bone to implant contact                                   | 1 |
| Fig 12. Calculation of bone density  | 5 |
| Fig 13. Ratio of residual defect size on periapical radiograph at 4 weeks and 12 |   |
| weeks17  | 7 |
| Fig 14. The mean of residual defect volume at 4 weeks and 12 weeks               | 3 |
| Fig 15. Micro CT images of representative sample of each group. All the          |   |
| implants were placed in P2 area20  | ) |
| Fig 16. Micro CT images of representative sample of each group. All the          |   |
| implants were placed in P3 area21  | L |
| Fig 17. The mean of bone volume at 4weeks and 12weeks calculated around          |   |
| implant22  | 2 |
| Fig 18. The mean of BIC at 4weeks and 12weeks calculated around implant 23       | 3 |
| Fig 19. The mean of bone density at 4weeks and 12weeks calculated between        |   |
| implant threads $2^2$  | 1 |

# 표 차례

#### 국문요약

#### 블라스팅 후 산 처리한 표면 임플란트를 즉시 식립시

#### 자외선 처리가 발치와 치유와 골 유착에 미치는 영향

연구목적: 블라스팅 후 산 처리한 표면 임플란트에 자외선을 조사하여 발치 후 즉시 식립 하였을 때 발치와에서의 골 형성 및 골 유착에 미치는 영향을 성견을 이용한 동물실험을 통해 방사선학적, 형태학적, 조직계측학적으로 평가하고자 하 였다.

재료 및 방법: 본 연구에서는 4 마리 성견의 상악골에서 제 2,3 소구치를 발치한 후 임플란트를 즉시 식립하였고, 4 주와 12 주가 지난 후 실험 동물을 희생하였다. 각각의 군은 다음과 같다. 대조군은 기존의 SA 표면 임플란트고, 실험군은 자외 선을 조사한 SA 표면 임플란트다. 4 주 대조군(Con 4; control, 4weeks), 4 주 실 험군(UV 4; ultraviolet light treatment, 4weeks), 12 주 대조군(Con 12; control, 12weeks), 그리고 12 주 실험군(UV 12; ultraviolet light treatment, 12weeks) 으로 나누었다. 발치와에서의 골 형성을 평가하기 위해 임플란트 식립 직후와 희 생 후 치근단 방사선 사진을 촬영하여 골 결손부 면적의 변화를 비교하였고, 희생 후 모형을 제작하여 회복되지 않은 골 결손부의 부피를 3D 스캐너를 통해 계측 하였으며, 마이크로 컴퓨터 단층 촬영을 통해 임플란트 주변의 골량을 비교하였다. 골유착의 정도를 평가하기 위해 조직계측학적 분석을 통해 골 접촉률과 골 단면 적 비율을 비교하였다.

결과: 치근단 방사선 사진, 모형제작을 통한 3D 스캔 이미지, 마이크로 컴퓨터 단 층 촬영결과에서 자외선을 조사한 4 주 실험군이 4 주 대조군보다 많은 골형성을 보였다. 치근단 방사선 사진과 마이크로 컴퓨터 단층 촬영에서는 12 주군에서도 실험군이 대조군 보다 많은 골형성을 보였으나 모형제작을 이용한 3D 스캔 이미 지 분석에서는 실험군보다 대조군에서 많은 골 형성이 나타났다. 조직계측학적 분

iv

석에서 골 접촉률은 4 주군과 12 주군 모두에서 자외선을 조사한 실험군이 대조 군보다 높은 값을 보였다. 골 단면적 비율은 4 주군에선 실험군이 대조군보다 높 은 값을 보였으나, 12 주군에선 실험군보다 대조군이 높은 값을 보였다. 그러나 통계적으로 유의차가 나타나지는 않았다.

결론: 여러 평가방법에서 자외선을 조사한 실험군이 자외선을 조사하지 않았을 때 보다 초기 치유과정에서 높은 골 형성 및 골 유착 정도를 보였다. 후기 치유과정 중에서도 자외선을 임플란트에 조사하는 경우 높은 골 형성이 이루어질 것으로 예상되나 골 유착과 관련해서는 추가적인 연구가 필요할 것으로 보인다.

핵심 되는 말 :자외선, 골 유착, 임플란트, 표면처리, 성견

## I. 서론

치과영역에서 임플란트는 지금까지 성공적인 결과를 가져왔다. Schulte 등은 1976년 발치와에 임플란트를 식립함으로써 치유기간을 줄이는 즉시 식립을 보고 하였다. 임플란트 즉시 식립이 성공적으로 골 유착을 이루기 위해선 발치와의 골벽과 임플란트 사이에 거리가 가까워야 한다. Carlsson등은 토끼 실험에서 임플란트와 골과의 거리가 0.35mm 이상이 될 경우 골 유착이 제대로 이루어지지 못한다고 하였다.<sup>2</sup> 또한 임플란트와 골 사이의 결손부의 수직적 깊이보다는 수평적인 거리가 더 크게 영향을 미치는 것으로 보고되고 있다.<sup>3</sup> 골과 임플란트 사이의 거리가 먼 경우에는 골 접촉률이 감소하고 골 형성이 충분히 되지 않기 때문에 골 이식이 필요하다. 다양한 골 이식 방법이 소개되었으나 아직 명확히 확립된 방법은 없으며, 골 이식을 한 경우 치유기간이 길어지고, 막을 사용한 경우 막의 노출로 인해 세균 감염을 일으킬 수 있다.4-8 그런데 기계 절삭 표면에서 거친 표면으로 표면처리가 발달하면서 보다 먼 거리에서도 골 유착이 이뤄진다고 보고되었다.<sup>9</sup> Schuler 등은 성견을 대상으로 환상 결손부(circumferential defect)를 형성하여 기계 절삭 표면과 거친 표면인 양극 산화 표면에서의 골 형성과 골 유착을 비교하였다. 임플란트 표면처리에 따라 골 형성과 골 유착에 차이가 있다고 하였으며, 기계 절삭 표면보다 양극 산화 표면에서 골 형성과 골 유착의 정도가 우수하다고 하였다.<sup>10</sup> Botticelli 등은 SLA(sandblasted, large-grit, acid-etched)표면에서 1mm-1.25mm정도의 거리를 가지는 화상 결손부에서 골 이식 여부와 관계없이 골 유착이 이루어진다고 하였다.<sup>9</sup> Jung 등은 성견을 대상으로 거친 표면에 해당하는 RBM(resorbable blasted media)표면을 가진 임플란트를 대상으로 발치와의 형태를 고려하여 형성한 원추형의 골 결손부를 제작하였다. 임플란트 식립 후 임플란트 상부와 변연골 사이의 틈이 수평적으로 2mm정도 되는 경우, 골 이식을 시행하지 않아도

임상적으로 문제되지 않을 정도로 골이 형성되며, 골 유착이 이루어진다고 보고하였다.<sup>11</sup> 임플란트와 골 사이에 1mm 정도의 틈이 있음에도 골이 형성되고 골 유착이 이뤄지는 기전에 대해서 Botticelli 등은 기존의 골 유착과 다른 방식에 의해 이루어진다고 하였다. 골 결손부를 둘러싸고 있는 주위의 골로부터 병렬적 골 형성(appositional bone formation)이 일어나게 되고 이로 인해 결손부의 apical에서부터 골 임플란트 접촉이 이루어진다고 하였다.<sup>12</sup> Davies 등은 임플란트와 골의 유착과정은 골원성 세포가 이동하는 골 전도 단계와 신생골 형성 단계, 골 개조 단계로 나뉜다고 하였으며, 기계 점삭 표면에서와 달리 거친 표면에서 임플란트 표면으로 세포들의 침착을 증가시키는 비계(scaffold)가 잘 유지되어 골 전도를 촉진한다고 하였다. 이로 인해 골과 임플란트 사이의 틈이 있어도 골 유착이 이루어질 수 있다고 하였다.<sup>13</sup> 또한 Cooper 등은 임플란트 표면의 형태와 화학적 조성에 따라 골의 형성 속도와 범위가 달라진다고 하였다. 표면의 형태와 별개로 골 형성과 관련한 단백질이나 골세포 등과 임플란트 표면 사이의 반응이 좋은 경우 골 형성이 많아질 수 있다고 하였다. 또한 임플란트와 골 사이에 유기질로 형성된 계면이 존재하며, 이 계면이 잘 유지될 경우 많은 골이 형성될 수 있다고 하였다.<sup>14,15</sup>

여러 연구에서 임플란트의 친수성의 증가는 임플란트 표면에서 수산화나 수화가 이루어져 단백질과 같은 생체분자와의 상호작용을 강하게 일으키게 되어 생물학적 환경의 관계를 증진시키며 골과의 반응을 보다 증진시킨다고 하였다.<sup>16, 17</sup> 그렇기 때문에 임플란트의 표면에너지와 친수성을 증가시키기 위해 여러 시도가 이루어졌다. Zhao 등은 SLA 표면과 modified SLA 표면의 형태는 다르지 않으며, 단지 표면에너지와 친수성의 차이가 있는 것이라고 하였으며, 이 차이는 임플란트와 골 사이에 혈병 형성을 증가시키고 초기 골 형성을 증진시킨다고 하였다.<sup>18</sup> Lai 등은 SLA 표면과 modified SLA 표면에서 환상 결손부를 형성하여 시기 별로 골 형성량과 골 유착 정도를 비교하였고, modified SLA 표면에서 골 형성과 골 유착의 속도가 높았으며, 이는

표면에너지와 친수성의 증가로 인한 것이라고 하였다. 또한 표면에너지와 친수성의 증가는 골 결손부에서 골 형성을 더 증가시킬 수 있을 것이라고 제안하였다.<sup>19</sup>

Hori 등은 임플란트에서 단백질의 흡착은 골 전도와 밀접한 연관이 있고, 오래된 임플란트에서는 단백질 흡착 정도가 감소하여 골 유착의 감소를 가져올 수 있다고 하였다.<sup>20</sup> Att 등은 티타늄에 산 부식 표면처리 후 보관기간이 증가함에 따라 단백질의 흡수능력 및 골아세포와 반응이 감소한다고 하였다. 또한 백서에서 산 부식 표면처리를 시행한 임플란트를 식립하고, 골 유착을 평가하였을 때 보관기간이 오래된 임플란트에서 골 유착의 정도가 감소한다고 하였다. 이러한 현상을 공기 중이나 물에 포함되어있는 탄화 수소가 임플란트 표면에 붙음으로 인해 단백질과의 반응성을 감소시키기 때문이라고 설명하였다.<sup>21,22</sup>

1997년 Wang 은 티타늄 표면에 자외선 조사를 시행하였을 때 티타늄 표면에서 물의 접촉각이 0도에 가깝게 작아지며, 친수성이 극대화 된다고 하였다.<sup>23</sup> 이후 임플란트의 표면처리 방식의 한 종류로써 자외선 조사가 연구되어 왔다. Ogawa 등은 티타늄 표면에 자외선 조사를 시행하였을 때 티타늄 표면의 탄소량이 줄어들고, 친수성이 증가하며, 단백질이나 골세포의 침착이 증가한다고 하였다. 또한 초기에 골과의 유착 정도가 더 강하게 이뤄진다고 하였다. 특히 기계 절삭 표면의 임플란트보다 산부식 처리된 임플란트에서 친수성이 더 오래 지속된다고 하였다.<sup>24</sup> 또한 자외선 조사는 오래된 임플란트 표면에 시행되었을 때 골과의 반응성을 높여 골 유착을 증가시킬 수 있어 이에 대한 해결책으로 사용될 수 있다고 하였다.<sup>25, 26</sup> 이외에 다른 연구에서도 자외선 조사한 임플란트에서 골 유착과 관련하여 더 좋은 결과를 보인다고 보고 되고 있다.<sup>27, 28</sup>

Boticelli 등은 인위적인 골 결손부와 발치로 인해 형성된 자연적인 골 결손부에 임플란트를 식립하였을 때 치유과정 및 결과에 차이가 있다고 하였다.<sup>29</sup> 그렇기 때문에 이 연구에선 발치 후 형성된 발치와에 임플란트를

즉시 식립하여 실제적인 치유양상을 보고자 하였다. 이 연구의 목표는 SA(Sandblasting with alumina and Acid etching)표면 임플란트에 자외선을 조사하여 발치 후 즉시 식립하였을 때 발치와 부위에서의 골 형성 및 골 유착에 미치는 영향을 성견을 이용한 동물실험을 통해 조직학적, 형태학적, 방사선학적으로 평가하고자 하는 것이다.

## Ⅱ. 실험재료 및 방법

#### 1. 실험동물 및 재료

#### 가. 실험동물

본 연구는 생후 1년의 평균체중 10kg 정도의 암컷 성견(beagle dog) 4마리를 대상으로 하였다. 어떠한 치주염도 없는 온전한 치열을 가진 성견을 선택하였으며, 실험동물의 선택 및 사육, 그리고 외과적 수술 과정은 연세대학교 임상연구의학센터 실험동물 관리위원회에서 정한 표준 지침을 기준으로 하였다.

#### 나. 임플란트

직경 3.5mm, 길이 8.5mm의 SA(Sandblasting with alumina and Acid etching)표면을 가진 티타늄 임플란트(Osstem implant system, TS II SA Fixture, Busan, Korea)가 총 16개 사용되었다(Fig. 1). 실험에 사용된 임플란트는 모두 동시에 제작되었고, 제조사의 밀폐된 용기에 보관되어 식립 직전에 공기 중에 최소한으로 노출되었다.



Fig. 1. A: Design of implant fixture (TS II SA fixture, Osstem, Busan, Korea). B : Scanning electron microscopy images of SA surface.

### 다. 자외선 조사

복수의 컨트롤된 파장을 가진 자외선 조사장치(TheraBeamAffiny, Ushio, Tokyo, Japan)를 사용하여 실험군 8개의 임플란트를 대상으로 제조사의 지시에 따라 자외선을 각각 15분간 조사하였고, 조사 후 지체 없이 발치와에 즉시 식립하였다(Fig. 2).



Fig. 2. Photofunctionalization of implant fixture surface by ultraviolet light (TheraBeamAffiny, Ushio, Tokyo, Japan) (A, B), ultraviolet light treatment of implant fixture during 15 minutes (C) and Implant fixture mounting on tray (D).

#### 2. 실험 방법

#### 가. 실험군의 설정

총 16개의 SA 표면을 가진 임플란트를 상악 제2, 제3 소구치에 식립하였다. 그 중 8개의 임플란트는 자외선 조사를 시행하지 않고 대조군으로 설정하였고, 나머지 8개의 임플란트는 자외선 조사를 시행하여 실험군으로 설정하였다. 각 군은 초기 상태를 가능한 동일하게 맞추기 위해 식립 위치를 변경하여 대칭되도록 설정하였다(table 1). 각 군의 임플란트는 다시 4주군과 12주군으로 각 4개씩 나누었다. 우측 부위는 12주 후 관찰하였고 좌측부위는 4주 후 관찰하였다(Fig. 3).



Fig. 3. Diagram of experimental design protocol.

|          | Right(12 weeks) |     | Left (4 | weeks) |
|----------|-----------------|-----|---------|--------|
|          | PM2             | PM3 | PM2     | PM3    |
| Beagle 1 | X               | Ο   | Х       | 0      |
| Beagle 2 | Ο               | Х   | О       | Х      |
| Beagle 3 | Х               | Ο   | Х       | Ο      |
| Beagle 4 | О               | Х   | О       | Х      |

Table 1. Experiment groups classified by ultraviolet light treatment

\* O: UV treated implant (Experimental), X: UV no treated implant (Control)

#### 나. 외과적 발거 및 임플란트 식립

전신마취 하에 상악 우측 제2소구치와 제3소구치를 발치하였다. 치근 분지부에서 치아를 절단하여 최대한 외상없이 발치 시행하였다. 발치 후 분지부의 잔존 골에 임플란트를 즉시 식립하였다. 임플란트는 식립 전 자외선 조사장치(TheraBeamAffiny, Ushio, Tokyo, Japan)를 이용하여 자외선 조사 시행했으며, 식립 직전 장치에서 꺼내어 사용하였다(Fig. 4). 봉합사는 7-10일 후 제거하였으며 2주간 유동식을 주었다. 8주 후 동일한 과정을 상악 좌측 제 2소구치와 제3소구치 부위에 시행하였다. 그리고 4주후 동물을 희생시켰다.



А

В

Fig. 4. Photograph of surgical procedure on maxilla. Extraction socket on second premolar and third premolar area(A), SA implants placed in premolar area(B).

#### 다. 시편 제작

임플란트를 포함하는 조직을 buffered neutral formalin 용액에 2주간 고정시킨 후 micro CT 촬영을 시행하였고, 70%, 80%, 90%, 100% 로 알코올 농도를 증가시키면서 탈수를 시행하였다. Technovit 7200(Heraeus Kulzer, Dormagen, Germany)와 알코올 (1:3, 1:1, 3:1 비율)을 이용하여 포매하여 경화 끝난 후 임플란트 중심을 따라 근원심면으로 cutting system (Exakt 300, Heraeus Kulzer, Norderstedt, Germany)을 이용하여 조직 슬라이드를 제작하였다. 각 시편의 central section의 조직 두께는 400 µm로 박절 후 grinding machine (Exakt 400CS, EXAKT Apparatebau, Norderstedt, Germany)으로 15µm 두께 되도록 연마하였다. Donath 와 Breuner 등의 방법에 따라 제작한 시편을 조직학적 관찰을 위해 H&E(Hematoxylin& Eosin)염색을 시행하였다.

#### 3. 평가 방법

임플란트 식립시 초기 조건이 모든 부위에서 동일하지 않기 때문에 임플란트와 골 사이의 틈이 존재할 때 골 유착과 골 형성에 큰 영향을 미친다고 알려져 있는 틈의 수평거리를 이용하여 결과값을 보정하기로 하였다. 임플란트 식립 후 촬영한 초기 방사선 사진을 이용하여 임플란트와 골까지의 틈의 수평적 거리를 측정하였다.

#### 가. 치근단 방사선 사진을 이용한 골 결손부의 크기 변화 평가

상악 제2소구치와 제3소구치를 발치하고, 임플란트를 즉시 식립한 후 초기 치근단 방사선 사진을 촬영하였고, 골 결손부의 면적을 측정하였다. 그리고 실험동물을 회생시킨 후 치근단 방사선 사진을 촬영하여 잔존 골 결손부의 면적을 측정하였다. 이를 통해 초기 골 결손부 면적 대비 희생 후 잔존 골 결손부 면적의 비율을 각 군마다 비교하였다(Fig. 5). 골 결손부의 면적 측정은 임플란트 고정체의 길이를 이용하여 방사선 사진상에서의 확대 비율을 보정하여 시행하였다.



Fig. 5. Measuring the defect size on periapical radiograph. Initial periapical radiograph after immediate placement of implants(A), periapical radiograph after sacrifice(B).

#### 나. 모형 제작 및 3D 스캔을 이용한 잔존 골 결손부 크기 평가

실험동물을 희생시킨 후 임플란트 주위의 연조직을 박리시켜 골을 노출 시켰다. 골을 노출 시킨 상태에서 임플란트 주위 골 결손부의 부피를 측정하기 위해 putty (Perfect-F, Han dae chemical, Jincheon, Korea)와 polyvinylsiloxane(Aquasil ultra xlv, Dentsply, Milford, Delaware, USA)을 이용하여 인상채득 하였으며, 4형 석고(Heraeus, Hanau, Germany)를 이용하여 모형 제작하였다(Fig. 6). 모형을 3D laser scanner(Vivid 9i, Konica Minolta, Tokyo, Japan)를 통해 스캔을 시행하였고, Rapidform 2006 software(INUS technology, Seoul, South Korea)로 잔존 골 결손부의 부피를 측정 및 분석하였다. 잔존 골 결손부의 부피는 폭 1.5mm, 길이는 잔존 골 결손부 변연까지, 깊이 2mm의 직육면체를 형성하여 내부에 포함된 부피를 측정하였다.(Fig.7)



Fig. 6. Impression using polyvinylsiloxane(A) and poured stone model of maxilla(B).



Fig. 7. 3D laser scanner(A) and three dimensional virtual model of maxilla(B), virtual rectangular parallelepiped for measuring residual defect volume(C,D).

#### 다. Micro CT 를 이용한 방사선학적 평가



Fig. 8. Bone volume measuring range.

임플란트 주위 골 형성량을 평가하기 위해 마이크로 CT 스캐너(Skyscan 1076, Aartselaar, Belgium)를 이용하여 50 Kv, 30 µA에서 18 µm 간격으로 micro CT를 촬영하여, 임플란트 식립 후 골 결손부에 해당하는 부위에서의 골량을 측정하여 비교하고자 하였다. 임플란트 변연부에서 발치와까지 거리가 최소인 시편이 1.6mm 정도로 나타났기 때문에 너비 1.6mm 의 직사각형을 설정하였고, 임플란트 최상부 4개 나사선에 해당하는 부위의 골량을 측정하였다(Fig. 8). 초기 방사선 사진에서 임플란트 상부에서 상악동까지의 거리가 4개의 나사선보다 짧은 경우는 임플란트 상부에서 상악동까지의 거리를 이용하여 측정된 값을 보정하였다(Fig. 9). 임플란트 상부에서 상악동까지의 거리의 측정은 임플란트 고정체의 길이를 이용하여

방사선사진상에서 확대 비율을 보정하여 시행하였다. 각 수치는 초기 방사선 사진에서 측정된 임플란트와 골 사이 틈의 수평적 거리를 이용하여 보정하였다.



Fig. 9. Periapical radiograph on maxilla. Red line indicates sinus floor (A) and red arrows indicate the distance from implant top to sinus floor (B).

#### 라. 조직형태학적 계측

광학 현미경을 이용하여 12.5, 50배 확대하여 영상을 채득한 다음(Fig. 10), 컴퓨터를 이용한 조직학적 측정은 Image - Pro Plus 4.5 (Media Cydernetrics, Silver Spring, Maryland, USA)으로 시행하였다. 골 접촉률(Bone to implant contact, %)과 골 단면적 비율(Bone density, %)은 임플란트 상부 첫번째 나사선에서 상악동에 포함되지 않은 임플란트 나사선까지 측정하였다. 골 접촉률은 나사선 사이의 거리 중 골이 임플란트에 직접 닿아 있는 부분의 거리의 비율(%)로 측정하였고(Fig. 11), 골 단면적 비율은 나사선 사이의 총 면적 중 골이 차지하는 면적의 비율(%)로 측정하였다(Fig. 12). 각 수치는 초기 방사선 사진에서 측정된 임플란트와 골 사이 틈의 수평적 거리를 이용하여 보정하였다.



Fig. 10. Histologic images after implantation. A: H&E stained images at lower magnification (X12.5) B: at higher magnification (X50.0)



Fig. 11. Calculation of bone to implant contact(BIC, %). A : total implant length on inter-thread space, B : total bone length on inter-thread space.



Fig. 12. Calculation of bone density (BD, %) A : total implant area on inter-thread space, B : total bone area on inter-thread space (red area).

# 4. 통계학적 분석

치근단 방사선 사진을 이용한 골 결손부의 크기, 3D 스캔에서의 잔존 골 결손부의 크기, micro CT를 이용한 골 부피와 조직형태학적 계측을 이용한 골 접촉률과 골 단면적 비율은 One way ANOVA를 이용하여 유의성을 평가하였다. 통계학적 분석은 statistical software package(SAS 9.2, SAS Institute Inc., Cary, North Carolina, USA)를 사용하였다.

### Ⅲ. 결과

16개의 임플란트 중 12주군에서 자외선 조사를 시행하지 않은 대조군 임플란트 1개가 골 유착이 제대로 이루어지지 못하고, 상악동으로 들어갔다. 또한 12주군에서 자외선 조사되지 않은 대조군 임플란트를 식립할 부분에 제3소구치가 선천적 missing 되어 1개의 임플란트는 제1소구치 부위에 식립하였다. 나머지 14개의 시편은 모두 정상적인 치유과정을 거쳤고, 염증 소견과 같은 다른 합병증은 발견되지 않았다.

실험군과 대조군을 가능한 동일한 부위와 위치에 식립하려고 하였으며, 그 결과 초기 방사선 사진에서 촬영한 임플란트와 골 사이 틈의 수평적 거리는 1.63mm~3.90의 범위를 나타냈으며, 평균적으로는 4주 실험군은 3.18mm, 4주 대조군은 3.04mm, 12주 실험군이 3.11mm, 12주 대조군은 3.11mm의 값을 나타냈다(table 2). 각 군들의 평균값은 유사하였으며, 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다. 각 군 내에서 시편들 간의 차이는 존재하기 때문에 각 시편에서의 수평거리를 이용하여 3D 스캔 이미지 분석, micro CT 분석, 조직계측학적 분석에서 측정된 값을 보정하였다.

| Group  | Horizontal distance of peri-implant defect(mm) |                    |
|--------|--|--------------------|
|        | Mean   | Standard deviation |
| UV 4   | 3.18   | 0.64               |
| Con 4  | 3.04   | 0.83               |
| UV 12  | 3.11   | 0.48               |
| Con 12 | 3.11   | 0.78               |

Table 2. Horizontal distance of peri-implant defect of each group

### 1. 치근단 방사선 사진을 이용한 골 결손부의 크기 변화 평가

임플란트를 즉시 식립 시의 초기 골 결손부의 면적 대비 희생 후 잔존 골 결손부의 면적의 비율을 측정한 결과, 4주군보다 12주군에서 잔존한 골 결손부의 면적의 비율이 더 작게 나타났다. 4주 실험군이 10.69%로 4주 대조군 16.47%보다 작은 값이 나타났으며, 12주 실험군이 4.00%로 12주 대조군 6.32%보다 작은 값을 나타났다. 통계적으로 유의한 차이는 나타나지 않았다(p>0.05) (table 3)(Fig. 13).

Table 3. Ratio of residual defect size(%) on periapical radiograph at 4 weeks and 12 weeks

| Group  | Ratio of residual defect size*(%) |                    |  |
|--|-----------------------------------|--------------------|--|
|  | Mean                              | Standard deviation |  |
| UV 4   | 10.69                             | 8.65               |  |
| Con 4  | 16.47                             | 8.28               |  |
| UV 12  | 4.00                              | 4.02               |  |
| Con 12   | 6.32                              | 7.03               |  |
| * Potio of residual defect size $-$ residual defect size $100(\%)$ |                                   |                    |  |

\* Ratio of residual defect size =  $\frac{1}{\text{Initial defect size}} \times 100(\%)$ 



Fig. 13. Ratio of residual defect size(%) on periapical radiograph at 4 weeks and 12 weeks

# 2. 모형 제작 및 3D 스캔을 이용한 잔존 골 결손부 크기 평가

잔존 골 결손부의 부피를 평가한 결과 4주군보다 12주군에서 전체적으로 작은 값을 나타냈으며, 4주 실험군이 1.17로 4주 대조군 2.32보다 작은 값을 나타냈다. 12주 실험군은 0.25로 12주 대조군 0.09보다 큰 값을 나타냈다. 통계적으로 유의한 차이는 나타나지 않았다(table 4)(Fig.14).

| Group  | Residual defect volume (mm <sup>3</sup> ) x HD* |                    |  |
|--------|---|--------------------|--|
|        | Mean  | Standard deviation |  |
| UV 4   | 1.17  | 1.65               |  |
| Con 4  | 2.32  | 1.69               |  |
| UV 12  | 0.25  | 0.31               |  |
| Con 12 | 0.09  | 0.17               |  |

Table 4. The mean of residual defect volume at 4 weeks and 12 weeks

\* HD = horizontal distance of peri-implant defect



Fig. 14. The mean of residual defect volume at 4 weeks and 12 weeks

#### 3. Micro CT를 이용한 방사선학적 평가

채취된 모든 샘플을 micro CT 촬영한 결과, 제2소구치 부위에 식립된 임플란트의 일부가 상악동으로 인해 측정하고자 하는 영역보다 초기의 골 두께가 확보되지 않은 시편이 있었다(Fig. 15). 해당 시편에 대해선 임플란트 상부에서 상악동에 포함되지 않은 나사선까지의 거리를 측정하여 비율을 보정하였다. 상대적으로 제 3 소구치 부위에서는 비교적 충분한 골의 두께가 확보되었다(Fig. 16). 측정값은 임플란트와 골 사이의 틈의 수평적 거리를 이용하여 보정하였다. 그 결과 4주 실험군에서 6.40, 4주 대조군에서 4.96, 12주 실험군에서 7.84, 12주 대조군에서 7.02의 수치가 나타났다(table 5)(Fig. 17). 12주 대조군에서 골 유착을 이루지 못하고 실패한 임플란트 1개는 제외하였다. 4주군보다 12주군이 전반적으로 높은 수치를 보였으며, 4주군과 12주군 모두에서 실험군이 대조군에 비해 높은 수치를 보였다. 12주군에서도 실험군이 대조군보다 높은 수치를 보였다. 4주 대조군과 12주 대조군 사이에서 통계적으로 유의한 차이가 나타났으며(p<0.05), 그 외의 다른 군 사이에서 통계적으로 유의한 차이는 나타나지 않았다(p>0.05).

 4 weeks
 12 weeks

 Control
 Image: Control

 V
 Image: Control

 V
 Image: Control

Fig. 15. Micro CT images of representative sample of each group. All the implants were placed in P2 area.



Fig. 16. Micro CT images of representative sample of each group. All the implants were placed in P3 area.

| Group  | Bone volume(mm³) x HD* |                    |  |
|--------|------------------------|--------------------|--|
| -      | Mean                   | Standard deviation |  |
| UV 4   | 6.40                   | 4.11               |  |
| Con 4  | 4.96                   | 3.22               |  |
| UV 12  | 7.84                   | 6.17               |  |
| Con 12 | 7.02                   | 2.38               |  |

Table 5. The mean of bone volume at 4weeks and 12weeks calculated around implant within the area of width 1.60 mm and length of 4 threads area

\* HD = horizontal distance of peri-implant defect



Fig. 17. The mean of bone volume at 4weeks and 12weeks calculated around implant within the area of width 1.60 mm and length of 4 threads area.

### 4. 조직형태학적 계측

임플란트 주위로 골이 형성되어 있음을 관찰할 수 있으며, 측정값은 임플란트와 골 사이의 틈의 수평적 거리를 이용하여 보정하였다. 골 접촉률(Bone to implant contact)은 4주 실험군에서 186.53, 4주 대조군에서 148.75, 12주 실험군에서 237.67, 12주 대조군에서 217.07의 수치가 나타났다(table 6)(Fig. 18). 골 접촉률은 전반적으로 4주군보다 12주군에서 높았으며, 4주군과 12주군 모두에서 실험군이 대조군보다 높은 값을 나타냈다. 그러나 통계적으로 유의한 차이는 나타나지 않았다. 골 단면적 비율(Bone density)은 4주 실험군에서 152.24, 4주 대조군에서 125.45, 12주 실험군에서 192.28, 12주 대조군에서 201.21의 수치가 나타났다(table 7)(Fig. 19). 골 단면적 비율은 전반적으로 4주군보다 12주군에서 높았으며, 4주군에서는 실험군이 대조군보다 높은 수치를 보였으며, 12주군에서는 실험군보다 대조군이 높은 수치를 보였다. 4주 대조군과 12주 대조군 사이에서 통계적으로 유의한 차이가 나타났으며(p<0.05), 그 외의 다른 군 사이에서 통계적으로 유의한 차이는 나타나지 않았다(p>0.05)(table 5)(Fig 15).

| Group  | BIC(bone to implant contact, %) x HD* |                    |
|--------|---------------------------------------|--------------------|
|        | Mean                                  | Standard deviation |
| UV 4   | 186.53                                | 77.77              |
| Con 4  | 148.75                                | 77.21              |
| UV 12  | 237.67                                | 65.86              |
| Con 12 | 217.07                                | 52.88              |

Table 6. The mean of BIC at 4weeks and 12weeks calculated around implant

\* HD = horizontal distance of peri-implant defect



Fig. 18. The mean of BIC at 4weeks and 12weeks calculated around implant.

Table 7. The mean of bone density at 4weeks and 12weeks calculated between implant threads

| Group  | Bone density(%) x HD* |                    |
|--------|-----------------------|--------------------|
|        | Mean                  | Standard deviation |
| UV 4   | 152.24                | 71.48              |
| Con 4  | 125.45                | 73.80              |
| UV 12  | 192.28                | 74.11              |
| Con 12 | 201.21                | 63.81              |

\* HD = horizontal distance of peri-implant defect



Fig. 19. The mean of bone density at 4weeks and 12weeks calculated between implant threads.

### Ⅳ. 고찰

이 연구에서는 성견에서 발치 시행 후 분지부의 골 중격에 임플란트를 식립하여 자외선을 조사한 SA 표면 임플란트와 자외선을 조사하지 않은 SA 표면 임플란트를 비교하였다. 자외선 조사 유무에 따라 발치와 부위의 골 형성과 골 유착에 미치는 영향을 보고자 하였다. 이를 위해 치근단 방사선 사진을 이용한 골 결손부 크기 변화 평가, 모형제작을 통한 3D 스캔을 이용한 잔존 골 결손부의 크기 평가, Micro CT를 이용한 방사선학적 평가, 조직표본을 이용한 조직계측학적 평가를 시행하였다. 거친 표면을 가진 임플란트에서 1mm정도의 환상 결손부는 골이 형성되는 것으로 알려져 있으며,<sup>9</sup> Jung 등은 원추형의 골 결손부에서는 임플란트와 골과의 틈이 2mm정도까지는 골이 형성된다고 하였다.<sup>11</sup> 다만 Boticelli 등은 인위적으로 형성된 골 결손부와 발치로 인해 생긴 자연적인 골 결손부에서 임플란트를 식립하였을 때 치유양상에 차이가 있다고 하였다.<sup>29</sup> 그렇기 때문에, 이 연구에서는 발치 후 형성된 발치와에 임플란트를 즉시 식립하여 자외선 조사의 효과를 보고자 하였다. 이 연구에서는 인위적인 골 결손부를 형성하지 않고 발치와를 이용하였기 때문에 임플란트 식립 시 초기 조건이 각 군마다 동일하지 않았다. 조건을 가능한 유사하게 만들기 위해 각 군마다 임플란트 식립 위치를 동일한 형태로 시행하였으나 어느 정도의 차이는 발생할 수 밖에 없었다. 초기 조건의 차이에 따른 보정을 하기 위해 임플란트와 골 사이의 틈의 수평거리를 이용하였다. 이는 여러 연구에서 임플란트 변연에서의 수평거리가 임플란트 주변으로의 골 형성과 골 유착에 중요한 요소로 작용한다고 하였기 때문이다.<sup>3,</sup> <sup>10, 30</sup> 이 연구에서는 임플란트와 발치와의 변연에서의 거리가 1.6mm - 3.9mm 까지 다양하였고, 그 중 대부분은 2mm를 넘으며, 평균적으로 3mm정도의 큰 골 결손부를 보였다. 각 군끼리의 수치는 3mm정도로 유사하였으며, 통계적으로 유의한 차이가 없었다. 개별 시편에 따른 차이는 각 시편에서의

임플란트 변연에서의 수평거리를 이용하여 3D 스캔 이미지 분석, micro CT 분석, 조직계측학적 분석에서 측정된 값을 보정하였다.

이 연구에서 발치와로 인한 골 결손부의 치유, 즉 골 형성을 평가하기 위해 치근단 방사선사진 분석, 3D 스캔 이미지 분석, micro CT 분석을 시행하였다. 치근단 방사선 사진을 이용하여 골 결손부의 크기 변화를 평가하였을 때, 전반적으로 실험군이 대조군 보다 골 결손부의 크기가 많이 줄어든 것을 확인 할 수 있었다. 초기 골 결손부 면적 대비 잔존한 골 결손부의 면적의 비율이 4주 실험군(10.69%)과 4주 대조군(16.47%), 12주 실험군(4.00%)과 12주 대조군(6.32%)로 모두 실험군에서 대조군보다 골 결손부 면적이 많이 감소하였다. 3D 스캔 이미지를 분석하여 잔존 결손부의 부피를 측정하였고, 이를 수평거리를 이용하여 보정하였다. 그 결과 4주 실험군(1.17)에서 4주 대조군(2.32)에 비해 더 작은 값을 나타냈고, 이는 발치와로 인한 골 결손부의 치유가 더 많이 된 것을 의미한다. 12주 실험군(0.25)은 12주 대조군(0.09)에 비하여 큰 값을 보였으나 두 군에서 모두 발치와로 인한 골 결손부가 거의 완전히 치유된 형태로 관찰되었다. Micro CT 촬영을 시행하여 측정된 값을 수평거리를 이용하여 보정하였다. 4주 실험군(6.4)이 4주 대조군(4.96)에 비해 많은 골 형성이 이루어진 것을 확인할 수 있었으며, 12주 실험군(7.84)도 12주 대조군(7.02)보다 더 많은 골 형성이 이루어진 것으로 나타났다.

비록 결과들이 통계적으로 유의한 차이가 나타나지는 않았으나, 시행한 여러 평가방법에서 모두 자외선을 조사한 4주 실험군이 자외선을 조사하지 않은 4주 대조군 보다 골 형성과 관련한 수치들이 모두 높게 나타났다. 이는 임플란트에 자외선을 조사한 경우 발치와로 인한 골 결손부의 초기 치유에 긍정적인 효과를 가지고 오는 것으로 생각된다.

12주 군에서는 평가방법에 따라 결과가 달랐다. 치근단 방사선 사진분석과 micro CT 분석에서는 자외선을 조사한 실험군에서 대조군보다 골 형성이 더 많이 진행된 것을 관찰할 수 있었다. 3D 스캔 이미지 분석에서는 자외선을

조사한 실험군보다 자외선을 조사하지 않은 대조군이 골 형성이 더 많이 된 것으로 나타났다. 그러나 3D 스캔 이미지 분석에서의 보정하기 전의 수치가 실험군은 0.08mm<sup>3</sup>, 대조군은 0.03mm<sup>3</sup>로 측정되었고, 이 두 수치는 0에 매우 가까운 수치이며 잔존 골 결손부가 없는 것으로 측정된 것이라고 볼 수 있다. 3D 스캔 이미지 분석을 시행할 때 임플란트 상부와 골 결손부 변연을 연결하여 평면을 설정하였고, 이 평면을 기준으로 직육면체를 제작하고 그 내부의 잔존 골 결손부를 측정하는 방식을 이용하였다. 평면을 설정할 때 초기 골 결손부의 변연 높이를 알 수 없기 때문에 치유 후 골 결손부의 변연을 이용한 것인데, 이로 인해 평면이 기울어지는 효과가 발생하여 치유가 완료된 이후에 골이 편평해진 상태에서는 실제적인 잔존 골 결손부의 크기를 측정하는데 부적절한 점이 있었다. 즉 이 연구에서 사용한 3D 스캔 이미지 분석방법은 잔존 골 결손부의 크기가 비교적 큰 초기 치유과정에서는 변별력이 있으나, 치유가 완전히 이루어져 골이 편평해진 이후에는 각 군에 대한 변별력이 떨어질 것으로 판단되었다.

골 유착에 미치는 영향을 평가하기 위해 조직계측학적 방법을 이용하였다. 조직 시편을 제작하여 골 접촉률(Bone to implant contact, %)과 골 단면적 비율(Bone density, %)을 측정하였고, 이 값을 수평거리를 이용하여 보정하였다. 골 접촉률은 4주군에 비해 12주군에서 모두 높은 값을 보였으며, 4주 실험군(186.53)이 대조군(148.75)보다 높은 값을 보였고, 12주 실험군(237.67)도 12주 대조군(217.07)보다 높은 값을 보였다. 골 단면적 비율도 마찬가지로 4주군에 비해 12주군에서 높은 값을 보였다. 4주 실험군(152.24)이 4주 대조군(125.45)보다 높은 값을 보였으나, 12주 군에서 실험군(192.28) 보다 대조군(201.21)이 더 높은 값을 보였다.

비록 결과들이 통계적으로 유의한 차이가 나타나지는 않았으나, 자외선을 조사한 4주 실험군이 자외선을 조사하지 않은 4주 대조군보다 골 유착과 관련한 수치들이 높게 나타났다. 이는 임플란트와 골 사이의 틈의 수평적 거리가 큰 경우 임플란트에 자외선을 조사하는 것이 골 유착과 관련하여 초기 치유에 긍정적인 효과를 가지고 오는 것으로 생각된다.

12주군에서는 골 접촉률과 골 단면적 비율에서 다른 결과가 나타났다. 골 접촉률은 실험군이 대조군보다 높게 나타났으나, 골 단면적 비율은 실험군보다 대조군이 높게 나타났다. 골 접촉률이 조직계측학적 분석에서 골 유착의 정도를 평가함에 있어 가장 기본으로 사용되고 신뢰성 있는 방법이기 때문에 골 단면적 비율보다 더 의미 있는 것으로 생각된다. 그러나 골 단면적 비율이 일반적으로 골 접촉률과 유사한 경향을 보이며 골 유착의 정도를 평가하는데 사용할 수 있는 것으로 알려져 있다.<sup>31</sup> 이 연구에서는 두 가지 값이 12주군에서 서로 다른 결과를 보였으며, 두 수치 모두 통계적으로 유의한 차이를 나타내지 않았기 때문에 12주 군에서는 임플란트에 자외선을 조사하는 것이 어떠한 영향을 미치는지에 대해 명확히 평가할 수 없을 것으로 생각된다.

이전의 연구들을 보면 Boticelli 등은 직경 5.3mm, 5mm깊이의 환상 결손부를 형성하여 SLA 표면의 직경 3.3mm, 길이 10mm 의 임플란트를 식립한 실험군과 환상 결손부를 형성하지 않은 임플란트를 식립한 대조군의 결과를 비교 분석하였다. 그 결과 임플란트와 골 사이의 틈의 거리가 1mm정도에서는 골 이식을 시행하지 않더라도 충분히 골이 형성되고 골 유착이 이루어진다고 하였다. 이는 주변 골에서 골의 침착이 이루어져 골 유착을 일으킨 것이라고 하였다.<sup>9, 12</sup> 그러나 이러한 골 결손부의 형성 후 임플란트를 식립하는 것은 실제 발치와의 형태와 차이가 있기 때문에 Jung 등의 연구에서는 customized tapered step drill 을 제작하여 발치와와 유사한 형태의 골 결손부를 형성하였고, RBM 표면을 가진 임플란트를 식립하였다. 변연부에서의 골과 임플란트에서의 수평거리는 1mm, 1.5mm, 2mm 로 설정하였다. 거리가 커짐에 따라 골 형성량이 감소하긴 했으나 작은 차이였으며 임상적으로 무시해도 될 정도라고 하였다.<sup>11</sup>

이러한 실험들은 모두 거친 표면을 이용한 것이지만, 각 표면의 골 형성능이 같다고 볼 수 없다. 기계 절삭 표면에서 거친 표면으로 변화되면서 골과 임플란트 사이에서의 거리가 있다고 하더라도 골 형성이 이루어지고 골

유착이 가능하듯,<sup>13</sup> 거친 표면에서도 표면처리 방식 등에 의해 골 형성량이 증가하고 더 큰 골 결손부에서 골 이식 없이 골 유착이 이루어질 수 있을 것으로 생각된다.<sup>14,15</sup>

Lai 등의 연구에서 수평거리가 0.5mm, 1mm 인 환상 결손부를 형성하여 SLA 표면과 modified SLA 표면을 대상으로 연구하였다. 이를 2주, 4주, 8주로 나누어 결과를 관찰하였을 때 2주와 4주에서 modified SLA 표면에서 SLA 표면보다 골 형성량이 더 많았고, 골 접촉률도 높은 값을 보였다. 8주차에서는 통계적으로 유의한 차이는 있지 않았으나, 저자는 modified SLA 표면 임플란트에서 골의 침착이 더 많이 일어날 수 있을 것이라고 하였으며, 이는 젖음성과 표면에너지의 차이로 인한 것이라고 설명하였다.<sup>19</sup>

Ogawa등은 자외선을 조사하였을 때 티타늄 표면이 초친수성이 되며, 임플란트 표면의 탄화수소가 제거된다고 하였다. 이로 인해 골 전도 능력이 증가하고 연조직의 이개 없이 새로운 골 형성을 광범위하게 증진시킨다고 하였다.<sup>24</sup> 백서를 대상으로 48시간동안 자외선을 조사한 후 임플란트를 식립하여 2주, 4주, 8주에서 비교한 연구에서는 임플란트에 자외선을 조사하지 않은 군에 비해 임플란트에 자외선을 조사한 군이 전체적으로 더 강한 골 유착을 나타냈으며, 2주군에서는 임플란트에 자외선을 조사한 군에서 많은 골조직이 임플란트 주위로 분포하였다.<sup>28</sup> Park 등은 양극 산화표면의 임플란트에 자외선을 조사한 그룹과 조사하지 않은 그룹으로 나누어 토끼를 대상으로 실험하였다. 자외선 멸균기를 이용하여 24시간 조사 시행하였다. 자외선을 조사한 그룹에서 친수성이 증가하고, 표면의 탄소량이 감소되었다. 또한 4주군에서 골 접촉률과 나사선 사이의 골량도 유의차 있게 높은 값을 보였다. 12주군에서는 더 높은 평균값을 나타냈으나 통계적으로 유의한 차이는 없었다고 하였다.<sup>27</sup>

이 연구에서는 자외선 조사한 임플란트에서 자외선을 조사하지 않은 임플란트보다 높은 골 형성능을 나타낼 수 있을 것이라는 가설 하에 발치 후 생성된 발치와에 임플란트를 즉시 식립하였다. 치근단 방사선 사진, 3D 스캔

이미지, micro CT, 조직계측학적 방법을 통해 분석하였을 때 통계적으로 유의한 차이가 있지는 않았으나 4주군에서는 모든 분석방법에서 자외선을 조사한 경우에 임플란트 주위 골 결손부의 골 형성량이 많았으며, 골 유착의 정도도 높게 나타났다. 12주군에서 치유가 대부분 일어난 후에는 변별력이 떨어진다고 판단된 3D 스캔 이미지 분석을 제외한 나머지 분석방법인 치근단 방사선 사진, micro CT 분석방법에서는 임플란트에 자외선을 조사한 경우 임플란트 주위 골 결손부에 골이 많이 형성된 것으로 나타났다. 조직계측학적 분석법에서는 골 접촉률(bone implant contact)은 자외선을 조사한 군에서 더 높게 나타났으나, 골 유착을 보는 다른 지표인 골 단면적 비율(bone density)에서는 자외선을 조사하지 않은 군에서 자외선을 조사한 군보다 높은 수치를 보였다. 비록 골 유착을 평가함에 있어 골 접촉률을 가장 기본적이고 신뢰성 있게 사용하지만, 유의한 차이를 나타내지 않았으며 골 단면적 비율에서 동일한 경향을 나타내지 않았기 때문에 후기 치유에서 임플란트에 자외선을 조사하는 것이 어떠한 영향을 미치는 지에 대한 평가는 유보해야 할 것으로 판단하였다. 각 시편당 조직슬라이드를 하나씩 제작하였기 때문에 전체적인 골 유착의 정도를 평가하는 것에 부족함이 있었고, 골량이 적은 상악에 임플란트를 식립하여 상악동에 의한 영향을 배제하기 어려웠으며, 시편의 수가 적다는 한계가 있었다. 비록 통계적으로 유의한 차이를 보이지는 않았으나 여러 분석법을 통해 보았을 때 임플란트에 자외선을 조사하였을 때 골벽과 임플란트 사이의 틈이 큰 경우에 골 형성을 더 많이 할 수 있을 것으로 보인다. 또한 초기 치유과정에서 보다 높은 골 유착을 이룰 수 있을 것으로 보인다. 후기 치유과정에서도 보다 높은 골 유착을 이룰 수 있을 것으로 생각되나 골 단면적 비율에서 골 접촉률과 다른 결과가 나타났기 때문에 추가적인 연구를 통해 확인이 필요할 것으로 보인다. 골량이 충분한 부위에 식립하여 상악동의 영향을 배제하고, 시편의 수를 많게 하여 연구를 시행한다면 보다 정확한 결과를 얻을 수 있을 것으로 생각된다.

### V. 결론

이 연구의 목표는 SA(Sandblasting with alumina and Acid etching)표면 임플란트에 자외선을 조사하여 발치 후 즉시 식립하였을 때 생체 내에서 골 형성 및 골 유착에 미치는 영향을 성견을 이용한 동물실험을 통해 조직학적, 형태학적, 방사선학적으로 평가하고자 하는 것이다. 인위적으로 골 결손부를 형성하지 않고 발치와로 형성된 자연적인 골 결손부를 이용하였기 때문에 초기 조건을 동일하게 형성하지 못했고, 시편의 수가 적다는 한계가 있어 통계적으로 유의한 차이가 나타나지는 않았으나 제한적으로 다음과 같은 결론을 낼 수 있었다.

- 치근단 방사선 사진, 3D 스캔 이미지, micro CT 의 결과 모두 4주군에서 자외선을 조사한 임플란트 주위로 발치와의 치유가 더 많이 이루어지는 경향을 보였다. 비록 통계적으로 유의한 차이는 보이지 않았으나 여러 평가에서 동일한 결과를 나타내기 때문에 초기 치유과정 중에 자외선을 조사한 임플란트가 주변 부위의 골 형성에 긍정적인 영향을 줄 수 있을 것으로 생각된다.
- 2. 치근단 방사선 사진, micro CT의 결과 12주 군에서 자외선을 조사한 임플란트 주위로 발치와의 치유가 더 많이 이루어지는 경향을 보였다. 비록 통계적으로 유의한 차이는 보이지 않았으나, 후기 치유가 이루어진 이후에도 자외선을 조사한 임플란트가 주변 부위의 골 형성에 긍정적인 영향을 줄 수 있을 것으로 생각된다.
- 이 연구에서 사용한 3D 스캔 이미지 분석법으로는 발치와의 치유가 많이 진행되어 골 결손부가 편평해진 경우에는 골 결손부 크기를 평가하기 어렵다.

- 4. 4주의 기간에 시행된 조직계측학적 평가에서 골 접촉률(bone to implant contact)과 골 단면적 비율(bone density)이 모두 자외선을 조사한 임플란트에서 자외선을 조사하지 않은 임플란트보다 높은 값을 보였다. 비록 통계적으로 유의한 차이는 없었으나 두 수치 모두 같은 경향을 보이는 것을 보았을 때 임플란트에 자외선을 조사하는 것이 초기 치유과정에서 보다 높은 골 유착을 이룰 수 있을 것으로 생각된다.
- 5. 12주의 기간에 시행된 조직계측학적 분석에서 골 접촉률(bone to implant contact)은 자외선을 조사한 임플란트에서 자외선을 조사하지 않은 임플란트보다 더 높은 값을 보였으나, 골 단면적 비율(bone density)은 다른 결과를 나타냈다. 두 수치 모두 통계적으로 유의한 차이를 나타내지 못했으며, 상반된 결과를 보이기 때문에 임플란트에 자외선을 조사하였을 때 후기 치유과정에서의 골 유착의 평가는 어려울 것으로 보인다.

위의 결과들을 바탕으로 볼 때 발치 후 발치와에 임플란트를 즉시 식립할 때 자외선을 임플란트에 조사한 경우 주변 부의 골 형성 및 골 유착에 대해 초기 과정에서 긍정적인 영향을 미칠 것으로 생각되나, 후기 치유과정에 대해 평가하기 위해서는 추가적인 연구가 필요할 것으로 생각 된다.

# 참고문헌

- Schulte W, Heimke G. [The Tubinger immediate implant]. Die Quintessenz 1976;27:17 - 23.
- Carlsson L, Rostlund T, Albrektsson B, Albrektsson T. Implant fixation improved by close fit. Cylindrical implant-bone interface studied in rabbits. Acta orthopaedica Scandinavica 1988;59:272-275.
- Wilson TG, Jr., Schenk R, Buser D, Cochran D. Implants placed in immediate extraction sites: a report of histologic and histometric analyses of human biopsies. The International journal of oral & maxillofacial implants 1998;13:333-341.
- Celletti R, Davarpanah M, Etienne D, Pecora G, Tecucianu JF, Djukanovic D, et al. Guided tissue regeneration around dental implants in immediate extraction sockets: comparison of e-PTFE and a new titanium membrane. The International journal of periodontics & restorative dentistry 1994;14:242-253.
- Alliot B, Piotrowski B, Marin P, Zahedi S, Brunel G. Regeneration procedures in immediate transmucosal implants: an animal study. The International journal of oral & maxillofacial implants 1999;14:841-848.
- Augthun M, Yildirim M, Spiekermann H, Biesterfeld S. Healing of bone defects in combination with immediate implants using the membrane technique. The International journal of oral & maxillofacial implants 1995;10:421-428.
- van Steenberghe D, Callens A, Geers L, Jacobs R. The clinical use of deproteinized bovine bone mineral on bone regeneration in conjunction with immediate implant installation. Clinical oral implants research 2000;11:210-216.
- Zitzmann NU, Naef R, Scharer P. Resorbable versus nonresorbable membranes in combination with Bio-Oss for guided bone regeneration. The International journal of oral & maxillofacial implants 1997;12:844-852.
- Botticelli D, Berglundh T, Buser D, Lindhe J. The jumping distance revisited: An experimental study in the dog. Clinical oral implants research 2003;14:35-42.
- 10. Schuler RF, Janakievski J, Hacker BM, O'Neal RB, Roberts FA. Effect of implant surface and grafting on implants placed into simulated extraction

sockets: a histologic study in dogs. The International journal of oral & maxillofacial implants 2010;25:893-900.

- Jung UW, Kim CS, Choi SH, Cho KS, Inoue T, Kim CK. Healing of surgically created circumferential gap around non-submerged-type implants in dogs: a histomorphometric study. Clinical oral implants research 2007;18:171-178.
- 12. Botticelli D, Berglundh T, Buser D, Lindhe J. Appositional bone formation in marginal defects at implants. Clinical oral implants research 2003;14:1-9.
- Davies JE. Mechanisms of endosseous integration. The International journal of prosthodontics 1998;11:391-401.
- Masuda T, Yliheikkila PK, Felton DA, Cooper LF. Generalizations regarding the process and phenomenon of osseointegration. Part I. In vivo studies. The International journal of oral & maxillofacial implants 1998;13:17-29.
- Cooper LF. Biologic determinants of bone formation for osseointegration: clues for future clinical improvements. The Journal of prosthetic dentistry 1998;80:439-449.
- Kilpadi DV, Lemons JE. Surface energy characterization of unalloyed titanium implants. Journal of biomedical materials research 1994;28:1419– 1425.
- MacDonald DE, Deo N, Markovic B, Stranick M, Somasundaran P. Adsorption and dissolution behavior of human plasma fibronectin on thermally and chemically modified titanium dioxide particles. Biomaterials 2002;23:1269-1279.
- Zhao G, Schwartz Z, Wieland M, Rupp F, Geis-Gerstorfer J, Cochran DL, et al. High surface energy enhances cell response to titanium substrate microstructure. Journal of biomedical materials research Part A 2005;74:49-58.
- Lai HC, Zhuang LF, Zhang ZY, Wieland M, Liu X. Bone apposition around two different sandblasted, large-grit and acid-etched implant surfaces at sites with coronal circumferential defects: an experimental study in dogs. Clinical oral implants research 2009;20:247-253.
- Hori N, Att W, Ueno T, Sato N, Yamada M, Saruwatari L, et al. Agedependent degradation of the protein adsorption capacity of titanium. Journal of dental research 2009;88:663-667.
- Att W, Hori N, Takeuchi M, Ouyang J, Yang Y, Anpo M, et al. Timedependent degradation of titanium osteoconductivity: an implication of biological aging of implant materials. Biomaterials 2009;30:5352-5363.

- 22. Lee JH, Ogawa T. The biological aging of titanium implants. Implant dentistry 2012;21:415-421.
- Wang R, Hashimoto K, Fujishima A, Chikuni M, Kojima E, Kitamura A, et al. Light-induced amphiphilic surfaces. Nature 1997;388:431-432.
- Aita H, Hori N, Takeuchi M, Suzuki T, Yamada M, Ogawa T. The effect of ultraviolet functionalization of titanium on integration with bone. Biomaterials 2009;30:1015-1025.
- 25. Att W, Ogawa T. Biological aging of implant surfaces and their restoration with ultraviolet light treatment: a novel understanding of osseointegration. The International journal of oral & maxillofacial implants 2012;27:753-761.
- Hori N, Ueno T, Suzuki T, Yamada M, Att W, Okada S, et al. Ultraviolet light treatment for the restoration of age-related degradation of titanium bioactivity. The International journal of oral & maxillofacial implants 2010;25:49-62.
- Park KH, Koak JY, Kim SK, Han CH, Heo SJ. The effect of ultraviolet-C irradiation via a bactericidal ultraviolet sterilizer on an anodized titanium implant: a study in rabbits. The International journal of oral & maxillofacial implants 2013;28:57-66.
- Ueno T, Yamada M, Hori N, Suzuki T, Ogawa T. Effect of ultraviolet photoactivation of titanium on osseointegration in a rat model. The International journal of oral & maxillofacial implants 2010;25:287-294.
- Botticelli D, Persson LG, Lindhe J, Berglundh T. Bone tissue formation adjacent to implants placed in fresh extraction sockets: an experimental study in dogs. Clinical oral implants research 2006;17:351-358.
- Akimoto K, Becker W, Persson R, Baker DA, Rohrer MD, O'Neal RB. Evaluation of titanium implants placed into simulated extraction sockets: a study in dogs. The International journal of oral & maxillofacial implants 1999;14:351-360.
- Bernhardt R, Kuhlisch E, Schulz MC, Eckelt U, Stadlinger B. Comparison of bone-implant contact and bone-implant volume between 2D-histological sections and 3D-SRmicroCT slices. European cells & materials 2012;23:237-247; discussion 247-238.

#### Abstract

# Effect of ultraviolet light treatment on healing of extraction socket and osseointegration of immediately placed sand blasted with alumina and acid etched surface implant in beagle dog

Kim, Hong Jun. D.D.S

Department of Prosthodontics The Graduate School, Yonsei University

#### (Directed by Professor Keun-woo Lee, D.D.S., M.S.D, Ph.D.)

**Purpose:** The purpose of this study was to morphometrically, radiologically and histometrically evaluate effet of UV treatment on the healing of extraction socket and osseointegration of immediately placed SA surface implant after extraction in beagle dog.

**Materials and Methods:** In this study, SA implants were immediately placed in the maxilla of four beagle dogs after extraction of the second and third premolar. The dogs were sacrificed after 4 weeks and 12 weeks. The SA surface implants were designed as control group and the UV treated SA surface implants were designed as experimental group. Each group was divided as the following: 4 weeks control group(Con4), 4 weeks experimental group(UV4), 12 weeks control group(Con12), 12 weeks experimental group(UV12). The alteration of bone defect area was evaluated by comparing the periapical radiographs taken after implant placement. After sacrificing of the dogs, the volume of bone defect which was not recovered was measured by using the 3 dimensional scanned model. The peri-implant bone volume was evaluated by micro CT. The bone to implant contact and the bone density were evaluated by histo-morphometric analysis.

**Result:** Analyzing with periapical radiograph, 3D scanned model, and micro CT, the bone formation of UV treated SA surface implants were higher than that of SA surface implants at 4 weeks. At 12 weeks, the similar pattern was showed with periapical radiograph and micro CT analyses. However, the bone formation of UV treated SA surface implants was lower than that of SA surface implants with 3D scanned model analysis. Histomorphometric results showed that the bone to implant contact and bone density of UV treated SA surface implants were higher than that of SA surface implants At 4 weeks. At 12 weeks, Bone to implant contact of UV treated SA surface implants was higher than that of SA surface implants was lower than that of SA surface implants was lower than that of SA surface implants was lower than that of SA surface implants was higher than that of SA surface implants. However, due to limited experimental condition, it was unable to detect statistical significance in the study (p>0.05).

**Conclusion:** The bone formation and osseointergration of UV treated SA surface implants were higher than that of SA surface implants at early stage of healing. At late stage of healing, the bone formation of UV treated SA surface implants was higher than that of SA surface implants, however osseointergration was not certain. This study shows that the UV treatment might have positive effect on bone formation and osseointegration upon the gap between implant and bone.

Keyword: ultraviolet light, osseointegration, surface treatment, beagle dog