

## 치근형 골내 임플란트의 초기 1년간 치조골 소실 및 골 밀도 변화에 관한 연구

연세대학교 치과대학 보철학교실  
정영철 · 한증현 · 이근우

### I. 서 론

Brånemark에 의한 골 유착 개념의 임플란트가 임상적으로 널리 적용된 이래 임플란트의 성공과 실패 및 그 예후의 판단을 위한 평가 기준을 두고 많은 연구가 있어왔다.

처음으로 골 유착성 임플란트가 평가를 제3자적 입장에서 시도한 것은 1975년 Swedish National Board of Health and Welfare에 의한 것으로<sup>5)</sup> 이 보고서에는 골 유착성 임플란트에 의해 시술된 환자에서 치은 지수, 치태 지수, 그리고 탐침 깊이를 측정하였고 교합이나 심미성과 같은 보철 치료에 관한 평가도 시행되었다. 또한 방사선 검사는 임플란트와 주변 골 조직사이에 어떤 간극이 존재하는지에 관한 평가에 머물렀다.

임플란트의 성공과 실패의 판단 기준을 정하기 위하여 1978년 제1차 NIH consensus가 열려 골 유착성 임플란트뿐 아니라 시술되고 있는 모든 종류의 임플란트를 분석 평가하였으나 광범위한 논의에 그쳤다<sup>42)</sup>. 1984년 James<sup>20)</sup>는 임플란트의 사용에 있어서 그 성공과 실패를 가능하는 임상 지수의 부재가 치과 임상가들로 하여금 치과 분야에서 “치과 매식학”(implantology)을 도외시하게 하는 원인이 되고있다고 지적하였다. 이후 1988년 2차 NIH consensus에서 구체적인 평가 기준들이 논의되면서 치과 매식학이 치과 치료의 한 분야로서 위치를 차지하게 되었다<sup>32)</sup>.

오늘날 임플란트 분야에서 임상적 검사에는 통상적인 치주 분야의 검사 방법인 탐침 깊이, 치은 지수, 치태 지수 및 출혈 지수와 아울러 방사선학적 검사가 도입되어 널리 이용되고 있다. James<sup>21)</sup>의 연구에서 임플란트에서의 탐침 깊이가 자연치 주위보다 hemidesmosome에 의한 결합이 약하기 때문에 실제적인 치조골 소실 정도를 측정하는데 유용할 것이라고 말하였고 Steflick<sup>46)</sup>은 투사전자현미경 관찰을 통해 방사선학적 치조골 소실과 치주낭 깊이의 증가가 출혈 지수와 관계됨을 보고한 바 있다.

그러나 통상적인 치주학적 검사 방법을 임플란트에 그대로 사용하는데 대한 의문이 제시되며 논란이 계속되고 있다.

Schnittman<sup>37)</sup>은 NIH-Harvard consensus에서 권장한대로 각 임플란트당 4군데(군, 원심 및 협설측)에서 0.7mm두께의 표준 치주 탐침을 사용하여 탐침 깊이를 측정해야한다고 하였으나 이는 고정성 계속 가공 의치를 장착한 경우 현실성이 없었다. 치주 탐침검사의 정확성은 치은 열구 내로의 탐침 각도의 재현성 및 정확도인데 직경 4mm인 임플란트에 상부 보철물의 형태가 풍용하게 부여되므로 적절한 탐침의 사용이 어렵다고 Misch<sup>11)</sup>가 그의 저서에서 지적하였다. 또한 그는 치주 탐침의 사용이 임플란트 주변의 약한 결합에 손상을 줄 수 있고 임플란트 표면에 흠을 낼 수 있다는 점을 들어 그 사용의 제한성을 피력하였다.

한편 Misch<sup>11)</sup>는 출혈 지수가 임플란트 주위 열구의 건강도를 나타내지만 임플란트와 골 조직 계면에는 자연치에서와 같은 결합 조직이 없어서 염증이 골 조직 상방에 국한되므로 임플란트의 성공여부에 출혈 지수 등이 자연치만큼의 의존도를 가지지 못한다고 말했다. Cox<sup>26)</sup>는 극단적으로 골 유착성 임플란트의 평가에 치은 지수나 출혈 지수 등 연조직 건강 지수는 임플란트의 성패를 평가하는데 있어서 불필요하다고 까지 주장한 바 있다. 그러나 방사선 검사는 많은 한계성에도 불구하고 나름대로 그 필요성을 인정하고 그에 따른 많은 보고들이 이어지고 있다.

Misch<sup>11)</sup>는 그 필요성에 대해 임플란트의 응력 집중에 의한 치조골 소실을 방사선 검사를 통해 조기 발견함으로써 그 치료를 통한 과도한 치조골 소실을 예방할 수 있다고 하였다. Smith 등<sup>41)</sup>은 임플란트의 성공을 초기 1년이 지난 후 평균 0.2mm 이하의 치조골 소실이 나타나는 것으로 정의한 바 있고 Adell 등<sup>2)</sup>은 성공적인 임플란트에서 치조골 소실이 지대치 연결 후 1년이 지나면 사라지기 때문에 각 환자의 성공 여부는 그 1년이 경과한 후에 평가할 수 있다고 하였다. 또한 Brånemark group의 15년간 연구에서는<sup>1)</sup> 지대치 연결 후 1년간의 치조골 소실이 1~1.5mm까지 평균 1.2mm의 소실을 보이고 그 후는 상하악 모두에서 연간 0.1mm의 치조골 소실을 보인다고 보고하였고 초기 급격한 골 소실의 원인으로는 치근막의 이개나 임플란트 수용부 형성 등의 수술 외상과 임플란트 매식시 과도한 조임에 의한 응력 집중 등을 들었고 그 이후는 안정된 골 재형성을 보인다고 하였다. 그 이후 Adell 등<sup>3)</sup> Lekholm 등<sup>28)</sup> Henry 등<sup>18)</sup> Quirynen 등<sup>36)</sup> Steenberghe 등<sup>49)</sup>도 치조골 소실에 관한 연구에서 앞의 연구와 일치하는 견해를 보였다.

그러나 이 연구들은 대부분 전체 무치악 환자에서 시행되었고 현재는 전체 무치악 환자는 줄어들고 부분 무치악 환자에서의 임플란트는 그 기술이 안전하고, 예후가 좋으며, 오래 사용될 수 있음이 밝혀졌으나 전체 무치악 환자가 줄어들고 부분 무치악 환자에서의 임플란트

기술이 증가되고 있는 상황에서 이에 대한 평가 자료가 빈약한 현실이라고 지적하였다.

그러나 Newman 등<sup>39)</sup>은 부분 무치악 임플란트에서의 치조골 소실이 전체 무치악의 경우보다 많은 골 소실을 보일 수 있는 위험요소로서 부분 무치악 환자의 경우에 fixture의 위치가 대부분 후방에 위치함으로써 교합력을 과도하게 받고 짧은 fixture를 사용하게되며 또한 자연치의 치주낭에 존재하는 치주 병원성균에 의한 임플란트 주위의 감염 가능성을 들어 부분 무치악 환자를 대상으로 하는 연구의 필요성을 제시하였다.

오늘날 여러 가지 진단 도구의 발달로 인해 임플란트 주변골의 미세한 변화에도 관심을 두어 그에 대한 노력들도 진행되고 있는데 Subtraction radiographic 방법도 그 일환이다. Subtraction radiographic 방법은 Ziedses des plantes<sup>55)</sup>에 의해 혈관 구조물에 관찰하기 위하여 고안되었다. 이 방법은 그림1에 보이는 바와 같이 reference image와 미세한 변화가 일어난 subsequent image를 subtraction하여 structural noise를 배제하고 시간의 변화에 따라 나타난 미세한 변화를 찾아내는 것이다<sup>16)</sup>. 치과 분야에 이 방법이 도입되어 Jeffcoat 등<sup>25)</sup> Wenzel 등<sup>50)</sup>이 진행성 치조골 흡수나 조직 유도 재생술 후의 골변화를 관찰한 바 있었다.

Subtraction radiographic 방법은 방사선 사진을 양화와 음화로 제작하여 겹쳐서 관찰하는 photog-

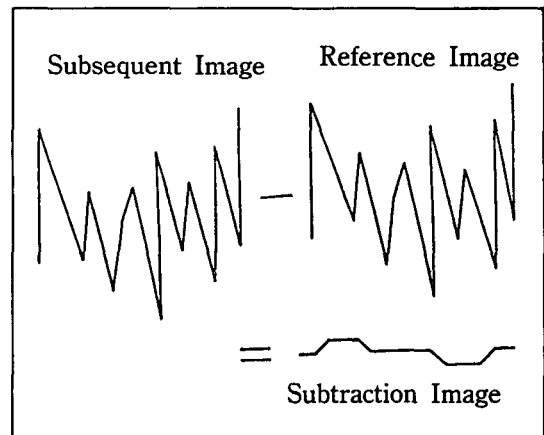


그림1. Subtraction image 방법의 모식도

raphic subtraction방법이 사용되어 왔는데 photographic subtraction방법은 많은 수의 상을 처리하는데는 한계가 있어서 컴퓨터를 이용한 Digital subtraction방법이 개발되었다<sup>46)</sup>. 그 장점은 노출 조건이나 현상 과정중에 생길 수 있는 농도의 차이를 컴퓨터 프로그램을 이용하여 조절할 수 있고<sup>47)</sup> 미묘한 차이를 보여 식별이 어려운 부분을 임의 색 변화하여 나타낼 수 있는 효과를 기대할 수 있다는 것이다. 이 방법이 임플란트분야에 도입되어 Jeffcoat등<sup>23)</sup>은 임플란트 주위 골 변화를 관찰하였고 Reddy등<sup>38)</sup>은 치근형 임플란트에서의 치유 과정을 digital subtraction방법을 이용하여 살펴본 바 있다. 이의 효용성이 입증되어 Bragger<sup>7)</sup>등은 임플란트 연구와 환자의 정기 내원 검사시 임플란트 주변 골변화를 진단하는데 가장 정밀하고 보존적인 도구로서 digital subtraction방법의 유용성을 강조하였다.

본 연구에서는 다른 많은 연구에서 초기 1년간의 치조골 소실이 1mm에서 크게는 1.9mm까지 평균 1.2mm정도의 변화를 보이고 향후에는 안정되어 연간 0.1mm정도로 거의 변화가 없음을 의견을 모으면서도 초기 1년간 어느 시기에 골 소실이 활발한가에 대한 연구가 빈약하여 초기 1년간의 치조골 변화를 3개월 간격으로 표준 구내 방사선 계측을 통해 관찰하고 한편 최근 임플란트의 진단 도구로 유용성을 인정받고 있는 digital subtraction image방법을 통해 초기 1년간의 골 밀도 변화를 관찰하여 그 결과를 보고하는 바이다.

## II. 연구 대상 및 방법

### 가. 연구 대상

1993년 1월부터 1993년 4월 사이에 영동세브란스 병원 보철과에서 지대치 연결한 17세에서 62세까지 평균 34.8세의 연령을 갖는 43명의 부분 무치악 환자에 매식된 88개의 임플란트를 대상으로 하였다. 환자당 임플란트 수는 최소 한 개에서 최대 다섯 개까지 평균 2.05개로서 그 분포는 남자 25명에서 47개의 임플란트 그리고 여자 18명에서 41개의 임플란트가 조사되었고 종류별로는 Denar사(Anheim, CA, USA)의 Steri-Oss Implant System중 Mini series가 29개, Standard Series가 14개, Hexlock series가 20개, 그리고 3i사(West Palm Beach, Fl. USA)의 Brånemark형 임플란트 fixture가 25개 포함되었으며 상하악에는 각각 33개와 55개가 분포되었다(표1, 그림2).

### 나. 연구 방법

#### 1. 임플란트 주변 치조골 소실의 계측 :

환자의 임플란트 지대치 연결시를 기준으로 3개월 간격으로 정기내원 방사선 검사를 통해 구내 표준 방사선상을 얻고 이를 1/1000mm까지 측정 가능한 Micrometer(MITUTTOYO Mfg. Co. Ltd. Japan)를 이용하여 각 임플란트 근원 심의 임플란트 지대치 연결 부위를 기준으로 최상방 치조골 접합부를 측정하여 그 차이를 기록하였다(그림3).

각 방사선상의 측정 오차를 감안 임플란트 나사를 기준으로 방사선상과 실측비를 얻어 비례식으로 환산하였다.

표1. 각 임플란트 종류별 분포

(단위 : 개)

종 류	남	녀	상악	하악	전체
Hex-lock system	14	6	13	7	20
Standard series	7	7	7	7	14
Mini series	14	15	8	21	29
3i(Brånemark type)	12	13	5	20	25
합 계	47	41	33	55	88

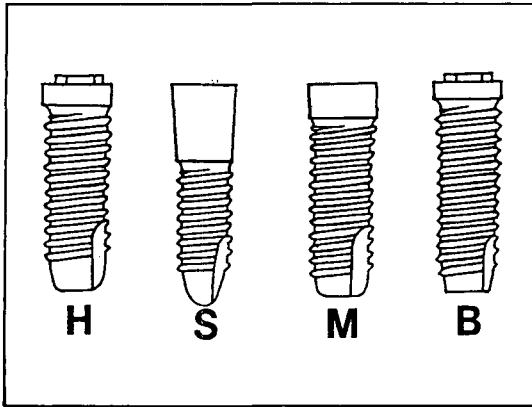


그림2. 각 임플란트 종류별 모식도(괄호안 : 연마된 neck부분의 길이)  
 H : Hex-lock system(1.2mm)  
 S : Standard series(4.5mm)  
 M : Mini series(2.0mm)  
 B : 3i(Brånemark type)(1.0mm)

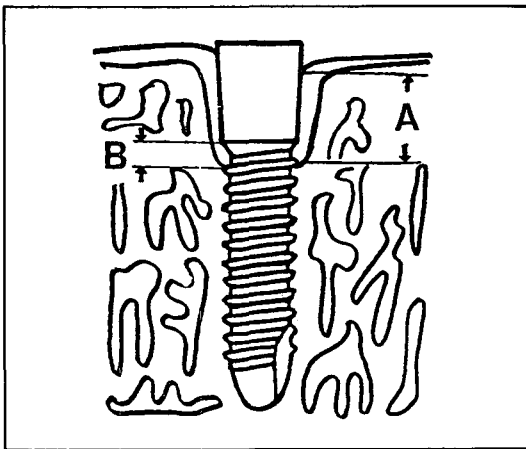


그림3. 치조골 소실의 계측점  
 A : 치조골-임플란트 접합부 간의 차이 계측  
 B : 연마된 neck하부에서 치조골-임플란트 접합부의 차이 계측

2. 연마된 neck부위까지 골 흡수가 일어난 시기 :

치조골 소실 계측에 필요한 3개월 간격의 방사선 촬영 이외에 초기 3개월은 1개월간격

으로 정기 내원을 하여소 그 이후 필요(노출 예상 시기)에 따라 내원 검사를 시행하여 연마된 neck 하방까지 치조골 소실이 일어난 경우를 노출시기로 하였다.

3. 연마된 neck으로부터의 치조골 소실 :

12개월의 정기 내원 검사시 촬영된 방사선 상으로 연마된 neck하방부터 임플란트-골접합부까지의 거리를 1과 같은 방법으로 측정하였다.

4. Digital subtraction 방법에 의한 골 밀도 변화 관찰 :

위의 연구에 포함된 환자중 6명의 환자에서 보철물의 임시 고정시 모형을 채득하여 그 상에서 Biostar(SCHEU-DENTAL Co. Am Burgberg 20, Germany)를 이용 2mm두께의 resin stent를 제작 재현성있는 방사선 촬영을 가능하게 하고 3개월간격으로 70Kv(p) 15mA 그리고 노출 시간은 0.5초로 하여 자동 현상기(DÜRR DENTAL XR24, Germany)로 현상하였다.

이렇게 얻은 표준 구내 방사선 사진을 슬라이드 입력가능한 Scanner(UMAX+UTAL(adaptor))를 이용 300dpi의 해상도를 가지고 256 gray scale로 개인용 컴퓨터(LC 475, Macintosh)에 입력후 Graphic Software인 Adobe photoshop program을 이용하여 명도 대비를 조절한 후 subtraction image를 얻어 일정 정도의 명도차를 임의 색 변환하여 나타냈다.

5. 통계처리 :

본 연구에서는 다른 모든 변수를 배제한 상태에서 각 임플란트 종류별 4군간의 3개월 간격, 총 12개월간의 치조골 소실량 및 임플란트의 연마된 neck 부위의 노출 시기 및 연마된 neck하방부터 측정된 치조골 소실량을 분석하기 위하여 사전 조사로 상기 항목의 남녀간, 상하악간 그리고 fixture의 길이 차이가 미치는 영향을 분석하여 상하악간에 연마된 neck부위로부터의 치조골 소실량을 제외하고 다른 항목간에 유의성이 없음을 확인하였다. 따라서

연마된 neck부위로 부티의 치조골 소실량은 상하악을 구분하여 통계처리하였고 다른 항목 들은 성별, 위치에 관계없이 임플란트 종류별로 4군으로 나누어 비교기로 하였다.

통계 처리는 SPSS/PC+ package를 이용하여 비모수 통계 방법인 Kruskal-Wallis test와 Mann-Whitney U test를 시행하여 위 4군간의 3개월 간격, 총 12개월의 치조골 소실량 및 임플란트의 연마된 neck부위까지의 치조골 흡수 시기 그리고 연마된 neck하방부터 측정된 1년간 치조골 소실량을 분석하였다. 분석 결과 얻어진 유의 확률값이 0.05이하일 경우 통계학 적으로 유의하다고 판정하였다.

### III. 연구 성적

#### 가. 임플란트 지대치 연결 후 1년간의 치조골 소실량

3개월 간격으로 1년간 측정하여 각 임플란트 system별 4군간의 평균과 표준편차를 구하였다.

1년후 치조골 소실량의 각 임플란트군간 유의성 분석에서 4군간 유의차를 보였는데 그것은 Standard series와 Mini series, Standard series와 3i의 Brånemark type, Standard series와 Hex-lock system 그리고 Mini series와 3i와 Brånemark type 두군간에서 유의성있는 차이를 보였다(표2, 그림4).

#### 나. 임플란트의 연마된 neck부위까지 치조골 골흡수가 나타나는 시기

임플란트의 연마된 neck하방까지 치조골 소

실이 일어난 시기를 측정한 것이다. 각 임플란트 네군간 연마된 neck부위까지 치조골 소실이 일어난 시기에 있어서 유의차를 보였는데 그것은 Mini series와 Hex-lock system 그리고 Mini series와 3i의 Brånemark type, Standard series와 3i의 Brånemark type, 그리고 Hex-lock system과 Standard series 두 군에서 유의성 있는 차이를 보였다(표3, 그림5).

#### 다. 연마된 neck하방에서 측정된 1년간 치조골 소실량

1년 후 연마된 neck 하방에서 측정된 치조골 소실량으로서 사전 조사에서 유의차를 보인 상악과 하악을 구분하여 표4에 나타내었다.

각 임플란트 네 군간의 유의성 분석에서 유의차를 보이지 않았다.

#### 라. Digital subtraction image방법을 통한 골 밀도 변화 고찰

같은 위치, 같은 조사 각도에서의 방사선상을 얻기 위해 개개인에 맞도록 제작된 stent를 이용해 얻은 방사선상 중 보철물 연결 즉시, 6개월후, 12개월 후의 방사선상을 선택하여 즉시의 것을 기준으로 6개월과 12개월의 것을 각각 컴퓨터상에서 subtraction하여 얻은 결과로 사진부도에 보이는 바와 같다.

사진부도 I에 나타난 digital subtraction image에서 골 밀도 증가 부위를 연두색으로 골 밀도 감소 부위를 붉은색으로 임의 색 변환하여 사진부도II에 나타냈다.

표2. 각 임플란트 종류별 12개월간 치조골 소실량 (단위 : mm)

종 류	3개월	6개월	9개월	12개월
	평균±표준편차	평균±표준편차	평균±표준편차	평균±표준편차
Hex-lock system	0.976±0.357	1.145±0.414	1.368±0.659	1.443±0.594
Standard series	1.052±0.546	1.589±0.307	1.775±0.339	1.981±0.290
Mini series	0.943±0.403	1.320±0.388	1.357±0.545	1.549±0.488
3i(Brånemark type)	1.026±0.396	1.054±0.337	1.195±0.113	1.199±0.316

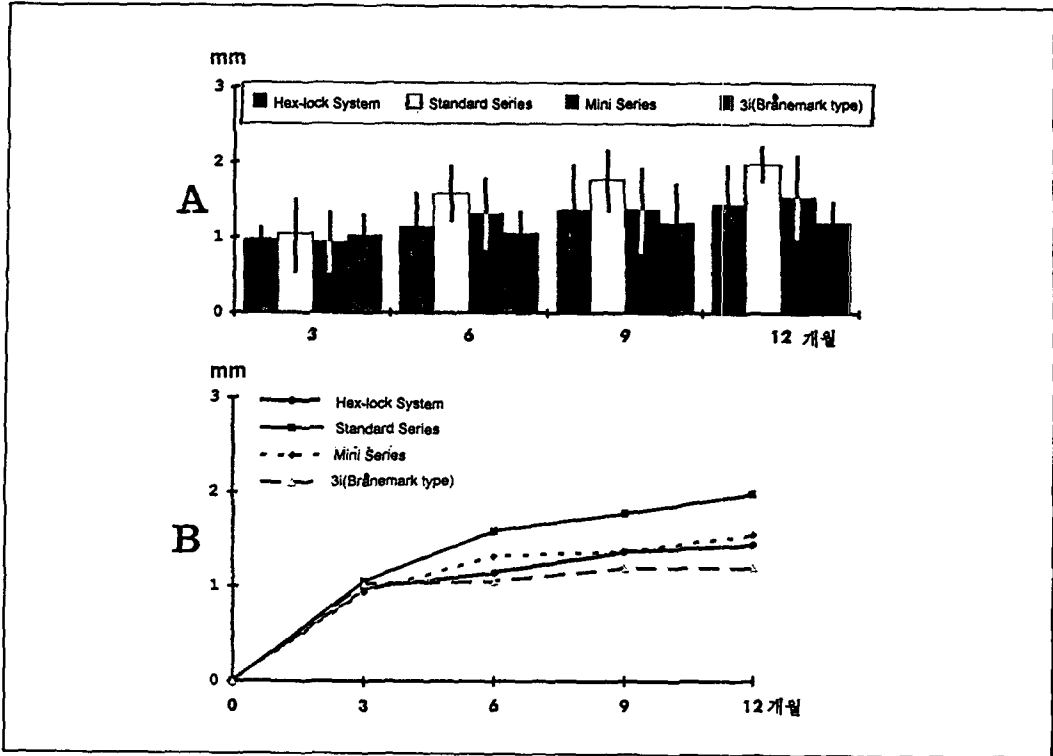


그림4. 3개월 간격, 총 12개월간 측정된 각 임플란트 종류별 치조골 소실량  
A : 막대 그래프 B : 꺾은선 그래프

표3. 각 임플란트 종류별 연마된 neck부분까지 치조골이 흡수되는 시기

(단위 : 개월)

종 류	평균±표준편차
Hex-lock system	1.912±1.034
Standard series	3.583±0.917
Mini series	4.857±2.085
3i(Brånemark type)	1.804±1.084

표4. 각 임플란트 종류별 연마된 neck 하방부터 12개월간 치조골 소실량 (단위 : mm)

종 류	하 약 상 약	
	평균±표준편차	평균±표준편차
Hex-lock system	0.440±0.275	0.523±0.296
Standard series	0.615±0.256	****
Mini series	0.356±0.238	0.432±0.128
3i(Brånemark type)	0.323±0.105	0.398±0.094

(상·하약간에 유의차가 존재하여 상·하약 구분하였음)

\*\*\*\* : 측정자료 없음

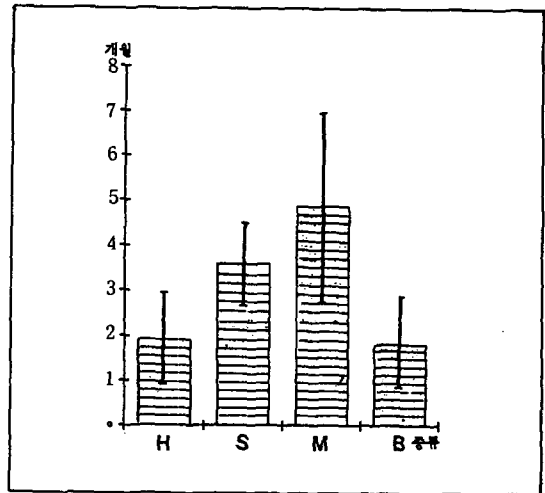


그림5. 각 임플란트 종류별 연마된 neck 부위 까지 치조골 흡수가 일어나는 시기

H : hex-lock system

M : mini series

S : Standard series

B : 3i(Brånemark type)

#### IV. 총괄 및 고찰

임플란트 지대치 연결 후 치조골 소실에 관한<sup>1, 3, 18, 28, 36, 49)</sup>에서 초기 1년간은 적게는 1mm에서 많게는 1.9mm까지 급격한 골 흡수를 보이나 그 이후는 안정되어 연간 약 0.1mm의 흡수를 보인다고 하였고, 특히 Steenberghe<sup>49)</sup>은 Brånemark 임플란트에서 자가골 이식을 동반한 경우에 있어서도 1년 이후의 치조골 소실이 매우 제한적으로 나타남을 보고한 바 있어 본 연구에서는 초기 1년간의 골 소실을 시기를 세분하여 관찰하였다.

임플란트의 치조골 소실에 관해서 Alquist<sup>22)</sup>은 여자보다는 남자에서 하악보다는 상악에서 골소실이 많음을 보고한 반면, Quirynen<sup>34, 36)</sup>과 Naert<sup>30)</sup>은 상하악간에 차이가 없음을 보고하였고, 치주 지수와와의 관계에서도 Steenberghe<sup>48)</sup>, Lars<sup>27)</sup>은 치태가 골 소실에 영향을 준다고 하였으나 Quirynen<sup>34)</sup>은 치주 지수가 골 소실에 영향을 미치지 않는다고 보고하였다. 또한 교합면 재료의 영향<sup>31, 36)</sup>이 유의차를 줄 수 있고 Lars<sup>27)</sup>은 bruxism이나 clenching과 같은 parafunctional activity가 골 소실을 증가시킨다고 하였다.

이와같은 임플란트 주변 골 변화에 영향을 줄 수 있는 요소들에 대한 논란을 배제시키기 위해 본 연구는 사전 분석에서 남녀간, 상하악간 그리고 임플란트 길이간의 유의성 분석을 통해 단지 상하악간에 연마된 neck하방부터 측정된 치조골 소실만이 유의차를 보여 이는 상하악을 구분하여 통계 처리하였고 다른 항목은 성별, 위치에 관계없이 통계처리하였다. 특별히 치주 지수를 측정 평가하지는 않았으나 구강 청결 상태가 양호한 환자만을 선별하였으며 교합면 재료는 모두 금합금으로 형성하였다. 또한 bruxism과 같은 parafunctional activity가 있는 환자는 없었다. 방사선 촬영 방법에 따른 오차도 배제할 수 없는데 그에 대해서 Hollender<sup>50)</sup>은 방사선 조사 각도의 차이에 의해 특히 치조골 능이 넓은 경우 오차 발생이 크다고 보고하며 조사 각도차가 9° 이상되지 않게 하도록 권장하고 있다<sup>49)</sup>.

이를 감안 연구 대상자의 방사선 촬영시 한 사람의 조사자가 계속적으로 지대치에 직각이 되도록 측정하도록 노력하였다. 특히 digital subtraction image방법을 시행할 환자는 특별 제작된 stent를 이용하였다.

본 연구에서 임플란트 지대치 연결 후 1년간의 치조골 소실량은 Steri-Oss의 Hexlock system과 Standard series 및 Mini series 그리고 3i의 Brånemark형 임플란트에서 각각 1.443, 1.981, 1.549, 1.199mm의 흡수를 보여 앞서의 다른 연구들에서 보는 1mm에서 1.9mm까지의 치조골 소실과 일치하는 결과를 보였다. 여기에서 1년간 치조골 소실량과 임플란트 각 군의 연마된 neck부위의 길이 간에는 상관 관계를 나타냈으며 특히 neck부위가 가장 긴 Standard series와 다른 3군간에는 유의성 있는 차이를 보였다.

연마된 neck 부위까지 치조골 흡수가 일어나는 시기에 있어서는 각 구간 연마된 neck부위의 길이에 따라 그 길이가 길수록 그 기간이 길게 나타났으나 결국 1년안에 대부분 흡수되었다. 본 연구 결과에서 연마된 neck부위가 가장 긴 Standard series가 그보다 작은 Mini series보다 빨리 흡수되는 것으로 나타났는데 그것은 1년까지 노출되지 않은 5개의 Standard series에서의 측정항목이 제외되어 생긴 결과로 사료되며 이를 감안하며 neck부위의 길이에 상관 관계가 있다고 볼 수 있다. 특히 다른 두군(Hex-lock system : 1.2mm, Brånemark type : 1.0mm)보다 긴 2mm의 neck부위를 갖는 Mini series에서 유의성 있는 차이를 보였다.

위의 두 결과를 종합해 볼 때 이전의 다른 보고에서 초기 골 소실이 급격히 일어나는 원인 중 연마된 neck부위에 대한 여러가지 요인들의 영향이 고려되어야 한다고 사료된다.

골 재형성에 대한 응력의 영향은 1870년 Julius Wolff에 의해 제안된 개념으로 비록 응력의 크기와 방향이 골의 흡수와 형성에 미치는 영향에 대한 논란은 있으나 응력이 골 재형성의 feed back에 중요한 역할을 한다는데는 의견의 일치를 보이고 있다. Haraldson<sup>17)</sup>은 변연부의 counter sinking 부위에 응력이 집중되어 치밀한

변연골의 혈류를 감소시키고 변연부 빈혈(marginal anemia)을 일으켜 적절한 변연골의 재형성을 방해하게 되고 이런 것이 초기 1년간의 과도한 골 흡수의 원인이라고 하였고 Brånemark 임플란트와 Steri-Oss 임플란트의 유한 요소법적 연구에서<sup>39,40)</sup> 응력은 두 임플란트 모두에서 neck부위에 집중되고 apex에 punching stress가 나타나며 임플란트 중간 부위를 통해서 약간의 응력이 전달됨을 보였다. 또한 French 등<sup>15)</sup>은 임플란트의 screw설계가 screw thread를 통해 응력을 분산시킴으로써 neck 부위의 응력을 감소시키는 데 중요하다고 하였다.

한편 Brunsky<sup>10)</sup>는 임플란트의 응력 전달에 있어서 원주형 임플란트는 전단 응력이 주로 작용하고 나선형 임플란트는 압축 응력 및 인장 응력이 주로 작용하므로 그 차이가 있다고 하였으나 Clelland 등<sup>14)</sup>은 나선형 임플란트와 원주형 임플란트의 유한 요소법적 연구에서 두 가지 설계상의 차이 없이 응력이 임플란트 경부에 집중된다고 하였다.

이외에 Siegele 등<sup>43)</sup>은 초기 골 소실의 원인을 임플란트 설계와는 다른 해부학적 구조의 관점에서 살펴보았는데 임플란트 표면이 주변 골 조직과 직접적인 결합을 이루고 있는 상황에서 피질골과 수질골의 물성의 차이로 인해 결과적으로 피질골층에 응력이 집중되어 결과적으로 수직적 골 흡수를 보인다고 하였고 Roberts 등<sup>41)</sup>도 이러한 현상에 의해 "Cervical Cratering"이 생겨 임플란트 실패의 전주곡이 될 수 있음을 보고한 바 있다.

Chamay 등<sup>12)</sup>이 압축 응력은 골 형성을 촉진하고 인장 응력이 골 흡수를 촉진하는 것으로 보고한 바 있으나 Wolfe 등<sup>52)</sup>에 의하면 아직까지 어떤 응력치에서 골 흡수를 야기시키고 골 형성을 촉진시키는지 밝혀지지 않았음을 지적하고 앞으로 수학적 모형과 그에 따른 생체 실험을 거쳐 응력값이 골 조직의 반응에 어떤 영향을 주는가에 대한 연구가 필요하다고 하였다.

한편 응력의 집중이 치조골 소실의 원인이라고 보는 것과는 반대로 정형외과 분야에서 보고된 "Stress-shielding" 개념<sup>54)</sup>이 임플란트 분야에 도입되어 결과적으로 응력이 가해지지

않은 부위에 골 소실이 야기된다는 설도 있다. Steenberghe<sup>53)</sup>는 임플란트의 nonthreaded부위에서 stress-shielding이라고 증명하지는 못했으나 이와 유사한 현상을 발견하고 여러 실험에서 thread가 시작되는 곳에서는 골조직이 안정됨을 보이나 thread가 없는 곳에서는 골조직이 안정되게 남아있지 못하다고 하였다.

위의 연구들에서 그것이 Stress-concentration이든 아니면 Stress-shielding이든 결과적으로 연마된 neck부위까지의 치조골 흡수는 피할 수 없는 것이고 thread가 시작되는 곳에 이르러야 비로소 안정됨을 보이는 것으로 보인다. 이는 본 연구에서도 1년안에 연마된 neck부위까지 치조골이 흡수되며 그로부터의 치조골 소실은 안정되어 흡수 시기에 관계없이 0.5mm내외의 안정된 흡수 양상을 보이며 첫 번째 thread부위에서 거의 변화가 없음을 보여 위의 연구들과 일치하는 결과를 보였다.

초기 골 소실의 원인으로 또 한가지 고려할 수 있는 것은 임플란트 설계 이외에 수술시의 손상을 들 수 있는데 Adell 등<sup>1)</sup>은 위에 제시한 응력 집중의 원인들 외에 골막이개나 치조골 제거 등 임플란트의 지대치 연결 수술 중 생길 수 있는 손상이 초기 골 흡수를 촉진시킨다고 하였다. 본 연구의 3개월 간격 치조골 흡수량 측정 결과에서 각 임플란트 네 구간 공히 초기 3개월에 1년간 소실량의 50%를 넘는 급격한 골 흡수(그림4, 표2)를 나타내서 지대치 연결시의 수술 손상 또한 초기 골 흡수에 큰 영향을 준 것으로 사료된다.

Strid<sup>9)</sup>와 Brånemark 등<sup>8)</sup>은 성공적인 임플란트에서 임플란트의 thread로부터 방사선상으로 perifixtural trabeculae의 수평적 배열 구조를 가진 골 밀도 증가 양상을 관찰하였고 Albrektson 등<sup>4)</sup>이 하중을 준 후 몇 년 간의 방사선 상과 조직 소견 모두에서 horizontal laminalization이 fixture edge에서부터 시작됨을 보고하며 thread가 응력을 골 조직의 넓은 부위로 분산시키는데 효과적임을 시사한 바 있다.

Digital subtraction image방법을 통한 본 연구의 6개월, 12개월간의 골 밀도 변화 관찰에서 초기 6개월간은 임플란트 주변 변연골의 치조골



밀도 감소만을 보이며 12개월 관찰에서는 6개월보다 약간 더 많은 치조골 소실을 보이거나 치조골능 부위에 골 밀도의 증가를 관찰할 수 있었다.

변연골 이외에 임플란트 중간 부위에서는 거의 골 밀도 변화를 관찰 할 수 없었는데 이는 Pylant등<sup>46)</sup>이 6~49개월간 perifixtural corticalization을 관찰하고 기간의 부족으로 corticalization이 나타나지 않았다고 보고한 점을 감안해 볼 때 적어도 1년간은 fixture thread부위의 골 재형성이 뚜렷이 나타나지 않는 것으로 사료된다.

Jeffcoat등<sup>24)</sup>이 digital subtraction방법이 방사선 검사간 0.1mm의 근소한 골 변화도 찾아낼 수 있다고 하였으나 실제 subtraction시 명확한 골 변화가 극명하게 나타나지 않았는데 그 원인은 Clleland등<sup>19)</sup>이 유한 요소법적 연구에서 응력의 집중이 임플란트의 근원심보다는 협설측으로 존재한다고 보고한 것이나 Misch가 그의 저서<sup>11)</sup>에서 방사선 상에서는 임플란트 근원심의 골 소실만이 측정 가능하나 초기 골소실은 협설측에서 시작된다고 서술한 바와 같이 2차원적 방사선상에 협설측의 골 변화가 중첩되어 명확한 변화를 보이지 않는 것이 아닌가 생각된다.

본 연구 결과 치조골 소실은 1년간 급격히 일어나고 그 이후는 안정된 것으로 보여 재론의 여지가 없으나 골 밀도 변화 연구는 1년의 기간으로는 부족하여 앞으로 이에 대한 장기적인 연구가 요하리라 사료된다.

## V. 결 론

임플란트 시술의 평가를 위해서 방사선 검사가 널리 이용되고 많은 연구가 있는 시점에서 그 연구가 빈약한 초기 1년간의 골 소실 및 골 밀도 변화를 관찰하여 다음의 결과를 얻었다.

1. 각 임플란트 네 군간 모두에서 초기 3개월간 급격히 골 소실을 보인후 점차 안정되어 임플란트의 첫번째 thread부위에서 안정되며 1년간의 치조골 소실량은 연마된 neck부위의 길이와 연관성을 보였다.

2. 연마된 neck부위까지 치조골이 흡수되는 시기는 neck부위가 길수록 늦어지나 1년 이내에 흡수되었다.
3. 연마된 neck하방부터의 치조골 소실은 흡수시기와 관계없이 첫번째 thread부위에서 안정되며 각 임플란트 군 간에 유의차를 보이지 않았다.
4. 1년간의 골 밀도 변화 관찰에서 임플란트 thread 주변골의 변화는 관찰할 수 없었고 변연골의 골 밀도 감소와 그 후 흡수된 새로운 치조골능 부위의 골 밀도 증가를 관찰하였다.

이상의 결과로 임플란트 주위의 치조골 흡수는 연마된 neck부위의 길이와 연관성 있는 흡수량을 보인후 임플란트의 첫번째 thread부위에서 안정됨을 알 수 있었고, 골 밀도 변화에 관한 연구는 1년으로는 관찰 기간이 부족하여 앞으로 이에 대한 장기적인 연구가 요하리라 사료된다.

## 참고문헌

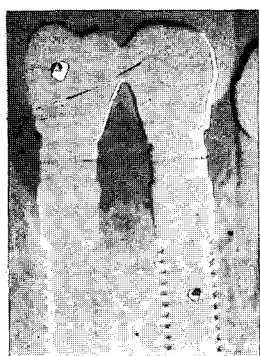
1. Adell, R., et al. : A 15-year study of osseointegrated implants in the treatment of the edentulous jaw, *Int. J. Oral Surg.*, 6 : 387, 1981.
2. Adell, R. : Clinical results of osseointegrated implants supporting fixed prosthesis in edentulous jaw, *J. Prosthet. Dent.*, 50 : 251, 1983.
3. Adell, R., et al. : marginal tissue reactions at the osseointegrated titanium fixtures. I. A three-year longitudinal prospective study, *Int. J. Oral Surg.*, 15 : 39-52, 1986.
4. Albrektsson, T., et al. : The interface zone of inorganic implants in vivo : Titanium implants in bone, *Ann. Biomed. Eng.* 11 : 1, 1983.
5. Bergman, B. : Evaluation of the results of treatment with osseointegrated implants by the Swedish National Board of

- Health and Welfare, *J. Prosthet. Dent.* 50 : 114–115, 1983.
6. Brägger U., Pasquali L. : Color conversion of alveolar bone density changes in digital subtraction images, *J. Clin. Periodontol.* 16 : 209–214, 1989.
  7. Brägger U. et al. : Digital subtraction radiography for the assessment of changes in peri-implant bone density, *Int. J. Oral Maxillofac. Implants*, 6 : 160–166, 1991.
  8. Brånemark, P.-I., et al. : Osseointegrated implants in the treatment of the edentulous jaw. Experience from a 10-year period, *Scand. J. Plast. Reconstr. Surg.* 16(Suppl.), 1977.
  9. Brånemark, Zarb, Albrektsson : Tissue integrated prosthesis. Osseointegrations in clinical dentistry, Quintessence publishing Co., 1985 pp 175–186.
  10. John B. Brunsky : Biomechanics of oral implants : Future research directions, *J. Dent. Edu.* 52 : 775–787, 1988.
  11. Carl E. Misch : Contemporary implant dentistry, St Louis, C. V. Mosby, Co. 1982, pp 29–42.
  12. Chamay A., Tschartz D. : Mechanical influences in bone remodelling. Experimental research on Wolff's law, *J. Biomech.* 5 : 173–180, 1972.
  13. Clelland N. L. et al. : Three-dimensional finite element stress analysis in and around the Screw-Vent Implant. *Int. J. Oral maxillofac. Implants*, 6 : 391–398, 1991.
  14. Clelland N. L. et al. : Use of an axisymmetric finite element method to compare maxillary bone variables for loaded implant, *J. Prosthodontics*, 2 : 183–189, 1993.
  15. French A. et al. : Comparison of peri-implant stresses transmitted by four commercially available osseointegrated implants, *Int. J. Periodont, Rest. Dent.* 3 : 221–230, 1989.
  16. Gröndahl H. G. et al. : A digital subtraction technique for dental radiography, *Oral Surg.*, 55 : 96–102, 1983.
  17. Haraldson, T. : A Photoelastic study of some biomechanical factors affecting the anchorage of osseointegrated implants in the jaw, *Scand. J. Plast. Reconstr. Surg.*, 14 : 209, 1980.
  18. Henry P. J., Bower R. C., Woolridge J. A. : Radiographic evaluation of marginal bone height around titanium implants, *J. Dent., Res.*, 67 : 629, 1989.
  19. Hollender L., Rockler B. : Radiographic evaluation of osseointegrated implants of jaws. *Dentomaxillofac. Radiol.* 9 : 91–95, 1980.
  20. James R. A. : Dental implants-moving into the main stream, *J. Calif. Dent. Assoc.*, 6 : 22–25, 1984.
  21. James R. A., Schultz R. L. : Hemidesmosomes and the adhesion of junctional epithelial cells to metal implants-preliminary report, *J. Oral Implant.*, 4 : 294, 1974.
  22. Jan Ahlquist et al. : Osseointegrated implants in edentulous jaws : A 2-year longitudinal study, *Int. J. Oral Maxillofac. Implants*, 5 : 155–163, 1990.
  23. Jeffcoat M. K. et al. : Quantitative digital subtraction radiography for the assessment of peri-implant bone change, *Clin. Oral Implant Research*, 3 : 22–7, 1992.
  24. Jeffcoat M. K. : Application of Digital Radiography to Implantology., *J. Dent. Symposia*, 30–33, 1993.
  25. Jeffcoat M. K. : Radiographic methods for the detection of progressive alveolar bone loss, *J. Periodontology* 63 : 367–372, 1992.
  26. J. F. Cox et al. : The longitudinal clinical

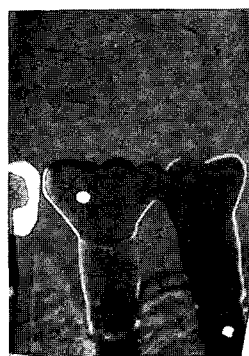
- efficacy of osseointegrated Dental implants, *Int. J. Oral maxillofac. Implants*, 2 : 91–100, 1987.
27. Lars W. Linquist et al. : Bone around fixtures in edentulous patients treated with mandibular fixed tissue integrated prosthesis, *J. Prosthet. Dent.*, 59 : 59–63, 1988.
  28. Lekholm, U., et al. : Marginal tissue reactions at osseointegrated titanium fixtures. II. A cross-sectional retrospective study, *Int. J. Oral Surg.* 15 : 53–61, 1986.
  29. Meskin L., Brown L. : Prevalence and patterns of tooth loss in U. S. employed adult and senior populations, *J. Dent. Educ.*, 52 : 686–691, 1988.
  30. Naert I. et al. : A study of 589 consecutive implants supporting complete fixed prosthesis. Part II. Prosthetic aspect, *J. Prosthet. Dent.* 68 : 949–956. 1992.
  31. Naert I. et al. : A six-year prosthodontic study of 509 consecutively inserted implants for the treatment of partial edentulism, *J. Prosthet. Dent.*, 67 : 236–245, 1992.
  32. National Institute of Health : National Institute of Health Consensus Development Statement : Dental implant, *J. Am. Dent. Assoc.*, 117 : 509–513, 1988.
  33. Newman M. Lekholm V. Brånemark P-I. : A clinical evaluation of fixed bridge. restoration supported by the combination of teeth and osseointegrated titanium implants, *J. Clin. Periodontol*, 13 : 307–312, 1986.
  34. Quirynen M. et al. : A study of 589 consecutive implants supporting complete fixed prosthesis Part I : Periodontal aspect, 68 : 655–663, 1992.
  35. Quirynen M. et al. : Fixture design and over load influence marginal bone loss and fixture success in the Brånemark system, *Clin. Oral Implants research*, 3 : 104–111, 1992.
  36. Quirynen M. et al. : Periodontal aspects of osseointegrated fixtures supporting a partial bridge. An up to 6-years retrospective study, *J. Clin. Periodontology*, 19 : 118–126, 1992.
  37. Recommendations, in Schnitmann P. A., Shulman L. B.(eds) : Dental implants : Benefit and risk : An NIH-Harvard Consensus Development Conference. Bethesda, Md, US Department of Health and Human Services Publication No.(NIH) 81–1531, 1980 pp 326–339.
  38. Reddy M. S., Jeffcoat M. K., Richardson R. C. : Assessment of adjunctive flurbiprofen therapy in root-form implant healing with digital subtraction radiography, *J. Oral. Implantology*, 16 : 272–276, 1990.
  39. Rieger M. R. : Bone stress distribution for three endosseous implants *J. Prosthet. Dent.*, 61 : 223–228, 1989.
  40. Rieger M. R. et al. : Finite element analysis of six endosseous implants, *J. Prosthet. Dent.*, 63 : 371–376, 1990.
  41. Roberts W. E., Garetto L. P., Decastro R. A. : Remodelling of devitalized bone threatens periosteal margin integrity of endosseous titanium implants with threaded or smooth surfaces : indications for provisional loading and axially directed occlusion, *J. Indiana Dental Association*, 68 : 19–24, 1989.
  42. Schnitmann P. A., Schulmann L. B. : Dental implants : Benefit and risk. An NIH-Harvard Consensus Developmental Conference. Bethesda, Md, US Department of Health and Human Services publications No.(NIH) 81–1531, 1980.
  43. Siegele D. et al. : Numerical investigations of the influence of implant shape on stress distribution in the jaw bone,

- Int. J. Oral Maxillofac. Implant, 4 : 333–340, 1989.
44. Smith. D., Zarb, G. : Criteria for success of osseointegrated endosseous implants, J. Prosthetit. Dent. 62 : 567–575, 1989.
  45. Steflik D. E., McKinney R. V., Koth D. L. : Ultrastructural(TEN) observations of the gingival response to the single crystal endosteal implant, J. Dent. Res., 61 : 231, 1982.
  46. Trey pylant et al. : A retrospective evaluation of endosseous titanium implants in the partially edentulous patient, Int. J. Oral maxillofac. Implants, 7 : 195–202, 1992.
  47. Urs E. Ruttimann et al. : A robust digital method for film contrast correction in subtraction radiography, J. Periodontal Research, 21 : 486–495, 1986.
  48. van Steenberghe D. et al. : Periodontal indices around natural and titanium abutments : a longitudinal multicenter study, J. Periodontology, 64 : 538–541, 1993.
  49. van Steenberghe D. et al : The rehabilitation of oral defects by osseointegrated implants, J. Clinic. Periodontology, 18 : 488–493, 1991.
  50. Wenzel A., Warrer K., Karring T. : Digital subtraction radiography in assessing bone changes in periodontal defects following guided tissue regeneration, J. Clin. Periodontology, 19 : 208–213, 1992.
  51. Wientraub J., Burt B. : Oral health status in the United states : Tooth loss and edentulism, J. Dent. Educ., 49 : 368–376, 1985.
  52. Wolfe L. A. : Stress analysis of endosseous implants using the Boundary Integral Equation(BIE) Method, J. Biomed, Eng. 15 : 319–323, 1993.
  53. William R. Laney, Dan E. Tolman(eds) : Tissue integration in Oral, Orthopedic and Maxillofacial reconstruction Quintessence books, 1990, p 65.
  54. Woo S. L.-Y, et al. : A comparison of cortical bone atrophy secondary to fixation with large diffences in bonding stiffness, J. Bone Jt. Surg. 58–A : 190–195, 1976.
  55. Ziedses des plantes, B. G. : Subtraction, stuttgart, 1961, Georg Thieme Verlag.

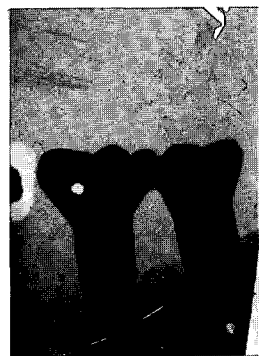
## 논문 사진부도 ①



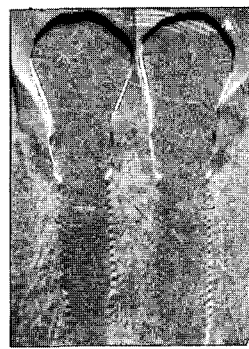
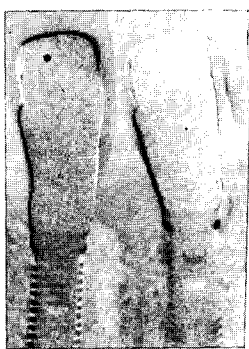
I-a



I-b



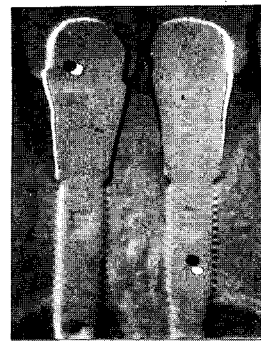
I-c



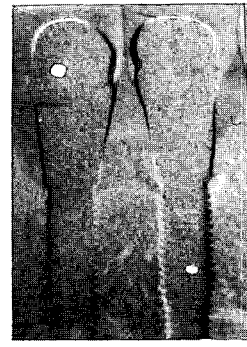
I-d



I-e

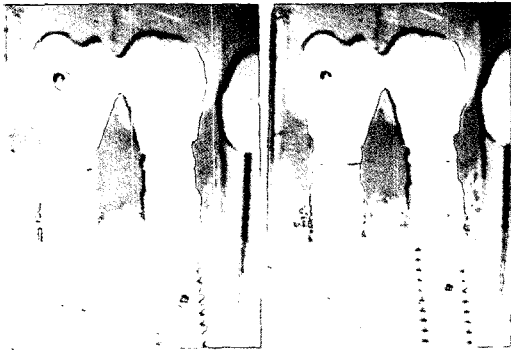


I-f

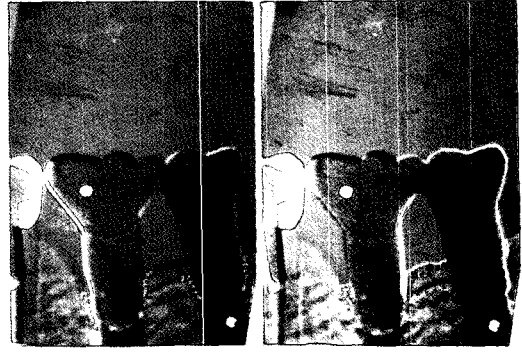


사진부도 I. 각 환자의 6개월, 12개월 Digital subtraction image로 좌측은 6개월, 우측은 12개월 결과이다. 6개월에서는 골 밀도 감소만이 나타났고 12개월에서는 치조골능 부위에 골 밀도의 증가가 관찰되었다. 단 I-e에서는 골 밀도의 증가가 관찰되지 않았다.

## 논문 사진부도 ②



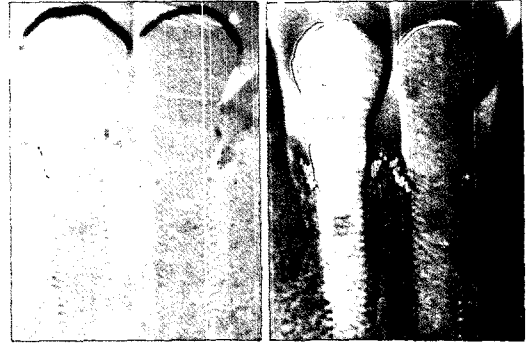
II-a



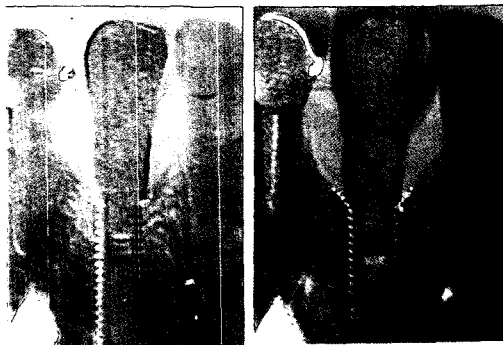
II-b



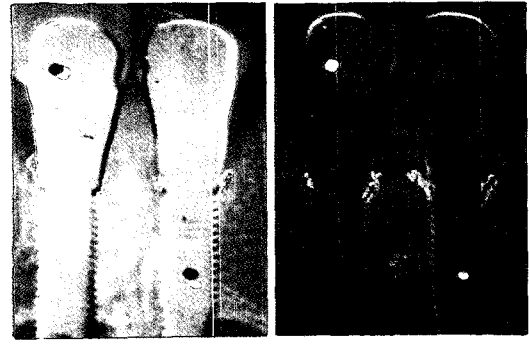
II-c



II-d



II-e



II-f

사진부도 II. 사진부도 I의 결과를 임의 색 변환시킨 것으로 골 밀도 감소 부위를 붉은색으로, 골 밀도 증가 부위를 연두색으로 임의 색 변환시킨 것이다. 좌측의 6개월 결과에서는 붉은색으로 표시된 골 밀도 감소 부위만이 관찰되고 우측의 12개월 결과에서는 골 밀도 감소 부위가 증가되고 연두색으로 표시된 골 밀도 증가 부위가 관찰되었다. 단, II-e에서는 연두색의 골 밀도 증가가 관찰되지 않았다.

Abstract

ALVEOLAR BONE LOSS & BONE DENSITY CHANGES DURING THE FIRST  
YEAR A COMPARATIVE STUDY ON FOUR TYPES OF ROOT-FORM  
ENDOSSEOUS DENTAL IMPLANT SYSTEMS

Young-Chul Jung, D. D. S., Chong-Hyun Han, D. D. S., M. S. D., Ph. D.  
Keun-Woo Lee, D. D. S., M. S. D., Ph. D.

*Department of Prosthodontics, College of Dentistry, Yonsei University*

Regular radiographic examination has been considered an essential diagnostic method for osseointegrated dental implantation. This study investigated marginal bone loss through the measurement on periapical radiographs and changes in bone density through digital subtraction image radiographic method around 88 endosseous root-form dental implants in 43 human subjects. Four types of endosseous dental implants were investigated : Standard series, Mini series and Hex-lock system of Steri-Oss Dental implant system, and Brånemark-type implant from 3i dental implant system, in a 3 month interval for a total period of 12 months.

The results were as follows :

1. Rapid bone loss occurred in the first 3 months in all 4 groups, and the bone level stabilized at the first thread of the implant fixtures. Amount of bone loss for 12 months showed correlation with the length of the polished neck portion.
2. Most of the implant systems showed resorption of alveolar bone up to the polished neck portion although a long polished neck could delay the resorption.
3. Alveolar bone loss apical to the polished neck portion stabilized at the first thread of the fixtures with no correlation to either the time of exposure of the polished neck or types of implant systems.
4. No changes in bone density around the implant threads were observed throughout the experimental period. Bone density decreased at the marginal bone, and increased at the newly-formed alveolar crest.

These results indicate that most of the alveolar bone loss occur within the first 12 months after installation of endosseous root-form dental implants resulting in the exposure of polished neck portions, and the bone level stabilizes thereafter at the first thread portions of the implant fixtures.

The experimental period of 12 months seems insufficient for observing changes in bone density, and a long-term observation should be needed.

\* Key words : Dental implant, Alveolar bone resorption, Bone density change, Digital subtraction image method.