

Cone Beam Computed Tomography를 이용한 상악 임플란트 식립 전후의 골밀도 변화에 관한 연구

최정훈 · 이주민 · 김용덕 · 신상훈 · 정인교
부산대학교 치의학전문대학원 구강악안면외과학교실

Abstract

ASSESSMENT OF BONE DENSITY ON MAXILLA AFTER IMPLANTATION WITH CONE BEAM COMPUTED TOMOGRAPHY

Jeong-Hun Choi, Ju-Min Lee, Yong-Deok Kim, Sang-Hun Shin, In-Kyo Chung

Department of Oral and Maxillofacial Surgery, School of Dentistry, Pusan National University, Yangsan, Korea

Purpose: This study examined the significance of increased bone density according to time after implantation on maxilla using demographic data with CBCT and compared the bone density between before vs. after implantation using the Hounsfield index.

Materials and Methods: Twenty-five implant site on maxilla were selected. Cone-beam computerized tomography (CBCT) scans were used for the analysis. The implant sites were evaluated digitally using the Hounsfield scale with EzImplant TM and the results were compared over time. Statistical data over time was carried out to determine the correlation between the recorded Hounsfield unit (HU) over time and gender difference using repeated ANOVA.

Results: The bone density of implantation site over time showed an increase in the HU mean values. Immediately after implantation, bone density was significantly increased than bone density before implantation. Until 6 month follow-up, bone density showed stable increasement. There is no significant difference on gender.

Conclusions: Using CBCT, bone density increased over time after implantation on maxilla. Bone density measurements using CBCT might provide an objective assessment of the bone quality as well as the correlation between bone density and stability of implant.

Key words: CBCT, Dental implant, Osseointegration, DICOM

I. 서 론

임플란트는 1952년 Bränemark¹⁾에 의해 골유착 개념이 소개된 이래 단일 치아 수복이나 부분, 혹은 완전 무치악 수복에서 가장 흔히 이용되는 수복 방법으로 선택되고 있다. 임플란트의 성공에 영향을 주는 요인으로는 임플란트의 재료, 형태, 표면처리, 골의 양과 질, 수술방법 및 부하조건 등의 요소들이 제시되고 있다.²⁾

이 중 임플란트가 식립 될 부위의 골질이 매우 중요한데

이에 따라 임플란트의 디자인, 치료계획, 외과적 접근, 치유기간 및 점진적 골부하 등에 많은 영향을 미친다.²⁻⁷⁾ 따라서 골밀도를 객관적으로 평가하는 것이 필요한데 여러 선학들에 의하여 방사선 촬영을 이용한 방법들이 많이 제시되고 있다.⁸⁻¹⁴⁾

먼저 시도된 광학농도측정계(radiographic photodensitometry)를 이용한 연구⁸⁾는 그 측정 구멍이 작아 필름 전체의 정보를 얻기에는 상당한 시간과 노력을 요하고 다량의 데이터를 처리하는 데에는 너무 불편하다. 또 다른 연구방

*이 논문은 부산대학교 자유과제 학술연구비(2년)에 의하여 연구되었음.

법은 이중에너지 X-선 흡수계(DEXA)법으로서 면적으로 나타낸 정보로서 골밀도 측정이 가능하며, 이를 이용한 골염도 분석기(bone mineral analyzer: BMA)가 완골 척추 등에 사용되어⁹⁻¹¹⁾ 그 임상적 유용성이 인정되고 있으나 악골에서는 구조상 복잡한 형태 및 다른 골부와의 중첩으로 인하여 악골에 적용시켜 측정하기에는 제약이 뒤따른다. 현재에는 3차원 컴퓨터 단층촬영사진(computed tomography)의 개발로, 이러한 CT가 악골의 밀도와 구조에 대해서 진단과 예측이 가능한 합리적인 방법으로 부각되면서, 해면골과 피질골의 상대적 분포를 평가하는데 있어서도 유용한 도구로 사용되고 있다. 이에 대하여 Misch와 Kircos¹²⁾ 등은 CT를 이용하면 골밀도가 하우스필드 값(Hounsfield unit, HU)으로 표시될 수 있음을 제시하였고, 보다 진행적으로 발전하여 현재 정량적 전산화 단층촬영법(Quantitative Computed Tomography: QCT)^{13,14)} 및 나선형회전식 일반전산화단층촬영장치¹⁵⁻¹⁹⁾를 이용하여 악골의 각 부위의 골밀도를 HU로 평가함으로써 골밀도에 대한 객관적이고 정량적인 평가가 가능해졌다. 그러나 이러한 방법은 측정 비용이 비싸고 방사선 피폭량이 많다는 단점이 있다.

최근 새롭게 개발된 Cone-beam computed tomography (CBCT)는 기존 CT보다 낮은 선량과 가격 때문에 구강악안면 영역에서 많이 사용될 수 있을 것으로 보고 있다. 한번의 회전을 통해서 빠른 속도로 원하는 볼륨 데이터를 얻을 수 있으므로, 스캔 중 환자의 움직임에 의한 artifact를 줄일 수 있는 장점이 있고, Field of view (FOV)를 다양하게 조절하여 흥미있는 지역(region of interest)에 제한된 방사선을 조사할 수 있어 환자에 노출량을 줄일 수 있으며, 얻어진 볼륨데이터는 해상도가 높으며 악골의 측면, 협설단면 그리고 파노라믹상을 동시에 평가 가능하도록 정보를 제공할 수 있어 임플란트 술전 평가에 매우 유용하게 사용되고 있다.²⁰⁾

이러한 CBCT를 이용하여 임플란트 식립 부위의 골밀도를 평가하고자 하는 여러 연구²⁰⁻²²⁾가 시도 되고 있다. 임플란트가 식립될 무치악부의 골밀도를 평가한 결과 상악 부위별로 골밀도의 차이가 있었고,²⁰⁾ 임플란트 식립 후 주변 골 밀도와 자기공명주파수 측정기를 이용하여 측정한 수치를 비교한 결과 골밀도가 높을수록 임플란트의 안정성이 증가된다는 연관성을 확보하였고, 따라서 CBCT를 이용하는 방법은 골밀도와 초기 임플란트 안정성을 예측하는데 유용하다고 주장되어진다.^{21,22)} 그러나 CBCT를 이용하여 골밀도를 평가한 기존의 연구들은, 주로 식립 전기에 연구되었고,^{20,21)} 식립 후 연속적으로 CBCT를 촬영하여 시간에 따른 골밀도 변화를 관찰한 연구는 없었다.

따라서 본 연구에서는 상악에 식립된 임플란트의 식립 전후 시간에 따른 골밀도 변화 양상을 CBCT를 이용하여 평가하여 그 유용성을 파악하고자 하였다.

II. 연구 대상 및 방법

1. 연구대상

연구대상은 2008년 11월부터 2009년 9월까지 본원을 내원하여 임플란트를 식립한 환자 가운데, 상악에 임플란트를 식립한 환자 14명의 25개 부위로 하였다. 남자 8명의 15개, 여자 6명의 10개가 연구대상이었다. 나이 평균은 남자는 52.1세, 여자는 50.7세이었다. 골밀도에 의한 안정성에 가장 큰 영향을 받을 수 있는 부위가 상악임을 감안하여 그 대상은 상악에 식립된 임플란트로 한정하였다. 25부위 중 절치부위는 3곳, 소구치부위 6곳, 대구치부위 16곳이었다. 골이식을 시행하면서 임플란트를 식립한 부위는 6부위로 모두 대구치부위였고, 19부위는 골이식을 시행하지 않고 임플란트를 식립하였다.

2. 연구방법

1) CBCT 촬영

연구 대상자에게는 촬영장치 Implagraphy (Vatech, Seoul, Korea)를 이용하여 60-90 Kvp, 2-10 mA, scan time은 24초, FOV는 12 × 7 cm로 촬영조건을 주었다. 얻어진 CBCT 데이터는 DICOM (Digital Imaging & Communications in Medicine) 파일 형식으로 변환하였다.

CBCT 촬영은 임플란트 식립 전과 식립 직후, 식립 후 3개월 이내, 식립 후 6개월 이내에 걸쳐 시행하였다.

2) 가상 임플란트 식립 및 방사선적 평가

CBCT 촬영으로 얻은 DICOM 영상정보는 EzImplant (Vatech, Seoul, Korea) 소프트웨어를 이용하여 영상을 재구성 하였다. 상악 횡절단면상에서 무치악 부위를 형성한 후 프로그램상의 Cross-sectional Arch 기능을 이용하여 시상면간 영상의 간격을 1 mm로 지정하고 임플란트의 가상시술을 위한 횡절단면(transverse plane)과 시상절단면(sagittal plane), 관상면(coronal plane)의 영상을 만들어 방사선적 평가를 하였다(Fig. 1).

임플란트가 식립될 부위의 골밀도를 평가하기 위해, 식립 전 촬영된 CBCT 영상에서 소프트웨어의 "Implant Insert" 기능을 이용하여 실제 식립될 임플란트의 길이, 직경, 경사도, 제조사 등을 고려하여 가상 임플란트를 선택한 후 무치악 부위에 실제 식립하였다. 식립 위치 결정시 시상면, 관상면, 파노라마면에서 관찰하여 정확한 식립 부위를 결정하였다(Fig. 2A).

식립 직후, 식립 후 3개월 이내, 식립 후 6개월 이내의 임플란트가 식립된 영상 역시 Cross-sectional Arch 기능을 이용하여 시상면간 영상의 간격을 1 mm로 지정하고 임플



Fig. 1. Windows of EzImplant showing cross-sectional, sagittal and coronal views together with a volume image.

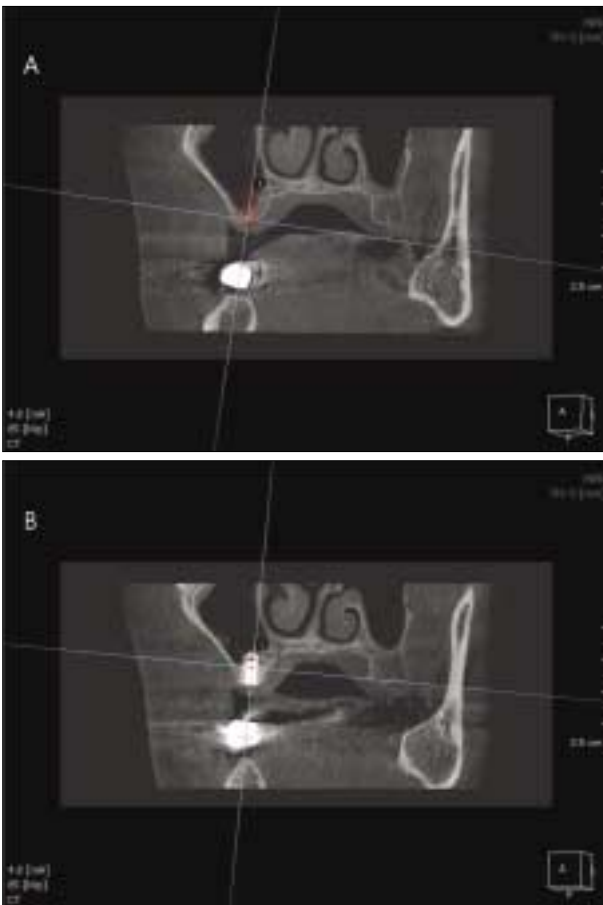


Fig. 2. Cross-sectional CT image of the designated implant site.
A: Virtual image of implant, B: True image of implant

란트 주변 횡절단면과 시상절단면, 관상면의 영상을 형성하였다. 실제 식립된 임플란트와 동일한 길이, 직경을 가지는 가상의 임플란트를 동일한 위치에 중첩되게 모의 식립하였다. 식립 위치 확인시 시상면, 관상면, 파노라마면에서 관찰

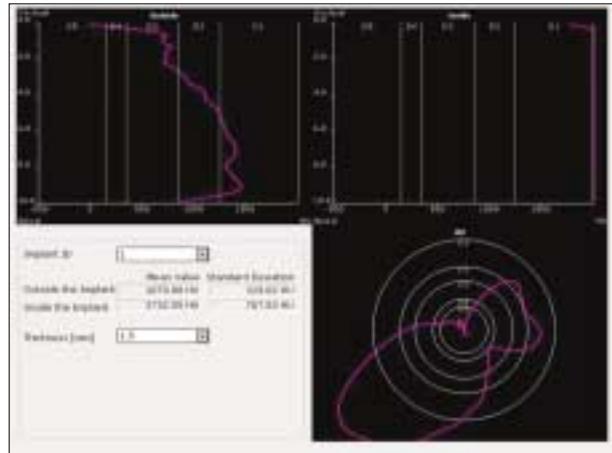


Fig. 3. The bone density measurement feature of the EzImplant™ was utilized to evaluate bone quality 1.5 mm circumferentially around the length of a simulated implant.

하여 식립된 부위를 정확하게 확인하였다(Fig. 2B).

3) HU의 측정

HU (Hounsfield unit)란, 객관적인 골밀도를 나타낼 수 있는 CT 영상의 단위이다.¹²⁾ 본 연구에서는 CBCT를 이용하여 HU를 이용하여 골밀도를 계측하였다. 가상의 임플란트 매식체 주위의 골조직의 HU의 평균치를 측정하였다. 골밀도를 측정하기 위하여 소프트웨어의 “Show Bone Density” 기능을 이용하였고, 측정될 임플란트 주변골의 두께는 1.5 mm로 설정하였다(Fig. 3).

4) 오차 정도

가상 식립과정에서 나타날 수 있는 오차를 알아보기 위해 2주 후 10개의 영상을 무작위로 선택하여 동일인이 다시 계측하였다. Dahlberg 식에 의거하여 오차(Sx)를 산출하였다.

$$S_x = \frac{\sum d^2}{2n} \quad (d: \text{계측치 간의 차이}, n: \text{추출한 표본의 수})$$

10개의 측정결과는 59.3 (34.3-89.2) HU 였다.

5) 통계처리

상악의 25 부위에 식립된 임플란트 주변 골밀도를 식립 전, 수술 직후, 식립 후 3개월 이내, 식립 후 6개월 이내의 기간 동안 총 4회에 걸쳐 측정하여 임플란트 식립 전후 시기에 따른 골밀도의 변화를 살펴보았다. 분석방법은 반복측정 분산분석(repeated ANOVA)을 하였으며, 통계적으로 유의성을 판단하는 기준인 유의확률은 0.05로 하였다. 성별에 따른 골밀도의 변화 역시 반복측정 분산분석(repeated ANOVA)을 이용하여 확인하였다.

Ⅲ. 연구결과

1. 식립 후의 골밀도 변화

임플란트 식립 전, 식립 직후, 식립 후 3개월 이내, 식립 후 6개월 이내로 나누어 측정한 골밀도 수치(HU)의 평균 및 표준편차를 나타 내었다(Table 1).

네 차례 임플란트 식립 전후 시기에 따라 골밀도를 비교한 결과 유의확률이 0.000으로 통계적으로 높은 유의성을 보였다. 식립 직후 골밀도는 평균 743.25 ± 78.28 HU로, 식립 전 평균 301.40 ± 102.84 HU보다 빠른 증가를 보였다. 식립 후 3개월 이내의 골밀도는 평균 850.84 ± 81.65 HU 이고, 식립 후 6개월 이내의 골밀도는 평균 935.62 ± 77.89 HU로, 시간이 지남에 따라 골밀도가 증가하고 있음을 알 수 있었다(Fig. 4).

2. 성별에 따른 골밀도 변화

성별에 따른 골밀도 변화를 살펴본 결과, 유의확률이 0.370으로 유의수준 0.05보다 컸다. 즉, 남성은 평균

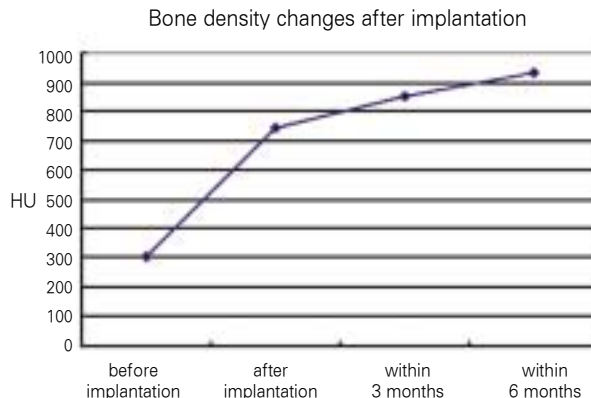


Fig. 4. Bone density changes over time.

765.54 ± 100.78 HU, 여자는 평균 617.93 ± 125.70 HU를 보였고, 남녀의 시간에 따른 골밀도 변화는 통계적으로 유의한 차이가 없었다(Table 2).

Table 1. HU Data obtained in the study (Mean ± SD)

no.	before implantation	after implantation	within 3 months	within 6 months
1	379.35 ± 196.86	588.98 ± 226.69	701.55 ± 221.15	715.39 ± 209.46
2	78.44 ± 135.40	448.92 ± 215.69	595.67 ± 122.16	599.42 ± 215.37
3	47.71 ± 138.72	250.47 ± 151.35	288.53 ± 191.54	474.55 ± 309.50
4	-384.45 ± 525.40	306.97 ± 549.03	317.23 ± 548.52	301.28 ± 605.36
5	106.59 ± 350.24	779.08 ± 355.23	842.90 ± 250.00	1005.46 ± 406.67
6	-696.20 ± 67.10	683.78 ± 104.03	816.10 ± 258.47	928.63 ± 215.36
7	-347.69 ± 534.46	627.20 ± 587.17	701.29 ± 482.83	1005.76 ± 531.29
8	176.67 ± 53.94	256.59 ± 69.58	339.10 ± 116.52	402.12 ± 107.35
9	89.69 ± 115.82	496.05 ± 179.81	506.49 ± 334.30	572.71 ± 318.11
10	556.32 ± 271.95	1155.56 ± 148.02	1251.22 ± 171.03	1261.20 ± 188.34
11	1168.02 ± 82.28	1418.75 ± 170.05	1557.20 ± 291.46	1654.81 ± 285.74
12	421.10 ± 149.25	1003.15 ± 120.06	1182.85 ± 153.41	1218.12 ± 288.41
13	169.59 ± 374.34	197.14 ± 330.93	226.47 ± 144.28	340.16 ± 221.04
14	62.57 ± 335.94	118.22 ± 421.66	242.37 ± 155.25	536.92 ± 395.37
15	591.06 ± 88.60	828.68 ± 436.64	807.05 ± 294.33	946.07 ± 265.02
16	1043.23 ± 283.56	1400.86 ± 250.96	1404.41 ± 289.31	1428.62 ± 316.77
17	706.17 ± 79.65	848.59 ± 164.90	1046.14 ± 127.79	1108.25 ± 176.12
18	454.51 ± 171.19	759.65 ± 232.07	774.02 ± 203.65	777.27 ± 301.83
19	-102.39 ± 608.51	1077.39 ± 324.15	987.47 ± 385.76	1039.31 ± 298.34
20	-92.49 ± 416.58	604.63 ± 506.56	651.35 ± 452.28	616.59 ± 513.23
21	-8.45 ± 227.93	496.78 ± 378.72	518.88 ± 494.76	550.38 ± 442.25
22	1207.39 ± 145.36	1319.72 ± 215.81	1314.43 ± 250.99	1359.17 ± 193.78
23	267.83 ± 154.86	590.61 ± 327.18	1026.49 ± 436.40	1184.85 ± 330.35
24	76.79 ± 113.29	519.44 ± 347.82	880.64 ± 392.83	978.85 ± 509.84
25	929.14 ± 299.82	1070.85 ± 82.19	1447.54 ± 249.76	1465.81 ± 273.87
Mean	301.40 ± 102.84	743.25 ± 78.28	850.84 ± 81.65	935.62 ± 77.89

Table 2. Mean HU data between gender (male n=15, female n=10)

	gender	mean \pm SD
before implantation	male	392.45 \pm 459.96
	female	159.77 \pm 536.73
after implantation	male	816.49 \pm 382.85
	female	629.32 \pm 354.15
within 3 months	male	907.98 \pm 420.23
	female	761.97 \pm 346.63
within 6 months	male	945.24 \pm 420.76
	female	920.62 \pm 309.20

IV. 고 찰

임플란트는 상실된 치아를 인공물로 대체하는 방법으로 가장 흔히 이용되는 보철 수복 방법이다. 인접 치아의 손상이 없고, 자연치와 유사한 저작력을 회복할 수 있으며, 총치의 경우는 의치의 유지력까지 증가시켜 줄 수 있다.

임플란트의 치료계획을 설정하는데 있어 술전 골밀도 평가는 중요한 과정이며 임플란트의 안정성과 안전한 외과적 시술을 위해서라도 정확하고 정량적인 방사선적 검사가 요구된다. 한편 술후 골 재형성을 통한 골밀도 변화와 평가 또한 중요하다. 이에 따라 임플란트 환자에서 술전 및 술후 골밀도의 평가도 그 연구가 활발히 이루어지고 있다.²³⁾

임플란트 주변골의 조직 표본을 이용하여 조직 검사를 통해 임플란트 주변 골의 밀도와 안정성을 평가하거나,²⁴⁾ 핵의학 검사를 통해 임플란트 주변 골형성 반응을 평가할 수도 있다.²⁵⁾ 그러나 이러한 방법 모두 동물실험에 국한되어 있고, 실제 환자에게는 적용하기 어려운 한계도 있다. 공명주파수 측정(resonance frequency analysis)을 이용하여 임플란트의 안정성 변화를 탐지할 수도 있으며, 이 방법으로 임플란트의 부하 시기를 결정하고 임플란트의 건강도와 예후를 판단할 수 있으나^{21,22)} 이는 추가적인 장비가 필요하게 된다.

CT의 개발 이후, CT는 악골의 밀도와 구조에 대해서 진단과 예측이 가능한 합리적인 방법으로 부각되었다. CT 이미지는 영상촬영의 절편공간으로 묘사되는 두께를 가진 512 \times 512 pixel의 3차원 전산화 이미지로, 각각의 구2성은 voxel 이 되며 12 bit의 데이터를 포함하고 있다. CT는 각 화소의 X-ray흡수 정도가 중요한데 이런 흡수 정도를 CT 수치 또는 CT의 발명자의 이름을 따서 HU (Hounsfield Unit)라고 한다. HU 값은 물의 감약 계수를 기준으로 하여 항상 물은 0으로 공기는 -1000, 범랑질은 +3000 까지의 범위로 항상 표준화되어 있으며 정량적이어서 조직을 분류하고 구분하는데 이용될 수 있다.

Duckmanton 등²⁶⁾은 HU 값이 임플란트 식립부위의 골질을 평가하고 예후를 예측하는데 많은 도움을 줄 수 있다고 하였으며, Norton 등¹³⁾은 CT로 얻어진 HU 값으로 객관적인 골밀도 등급과 주관적인 골질분류 등급과 높은 상관관계가 있음을 보고하였다. 그러나 기존 CT의 경우, 측정 비용이 비싸고 방사선 피폭량이 많다는 단점이 있다.

그러므로 최근 CBCT가 치과용으로 개발되어 저렴한 비용과 적은 방사선 조사만으로도 악안면 부위의 3차원 영상 정보를 얻을 수 있게 되었다. CBCT의 한 종류인 CBMercuryRayTM로 영상을 촬영하고, CBCT의 볼륨데이터를 얻기 위해 고안된 SimplantTM, Vimplant 2.0TM 등의 소프트웨어를 이용하여 임플란트 매식체 주위 골조직에 대한 골밀도 수치(HU)를 조사한 연구가 소개되었다.²⁰⁾ 이들은 간편하게 골밀도를 확인할 수 있다는 점에서 치과분야에서 효용가치가 높다. 따라서 임상의가 CBCT를 이용하여 객관적인 평가를 내리는 것이 가능하게 되어 임플란트를 식립하기 전에 식립부위의 골밀도가 적절한지의 여부와 성공도를 예측하는데 중요한 정보로서 활용할 수 있고, 식립 후에 골밀도가 적절히 증가하는지의 여부를 통하여 임플란트의 안정성을 판단할 수 있을 것이다. 따라서 본 연구에서는 CBCT의 한 종류인 Implagraphy (Vatech, Seoul, Korea)를 이용하여 영상을 얻었고, EzImplant (Vatech, Seoul, Korea) 소프트웨어를 이용하여 영상을 재구성 하였다.

Goو 등²⁰⁾의 연구에 의하면 CBCT로 촬영한 후 3차원 영상 소프트웨어를 이용하여 매식체를 가상 식립하고 환자의 상하악 임플란트 식립체 주위 골조직을 평가한 결과 4-541 HU의 수치를 보였다고 보고하였다. 여기에서 수치의 차이가 나는 것은 촬영된 부위, 촬영 기계나 평가한 면적의 차이에 따라 달라질 수 있음을 시사하고 있어, 본 연구에서는 환자에게 식립된 임플란트의 길이, 직경을 고려하여 식립 전 촬영 영상에서도 실제 임플란트와 동일한 길이, 직경의 가상의 임플란트를 대입하는 모의 식립의 과정을 거쳐 골밀도를 측정하였다.

임플란트 고정체가 하중을 견디기 위해서는 식립 후 골유착이 전제되어야 하며, 상악의 경우 통상 6개월의 치유기간까지 추천되고 있다. 따라서 본 연구는 상악에 식립된 25개의 부위의 임플란트 주변골의 밀도를 임플란트 식립 전부터 상부구조물 장착까지의 기간을 4단계로 나누어 CBCT를 촬영한 후 HU 수치에 대해 조사하였다.

임플란트를 식립하기 전 골밀도를 측정본 연구의 결과는 301.40 \pm 102.84 HU로 CBCT를 이용한 이전 연구의 4-541 HU²⁰⁾와는 차이를 보였다. 이는 CBCT의 장비마다 HU scale은 규격화되어 있지 않아 이러한 차이가 나는 것으로 판단된다. 본 연구는 동일한 CBCT를 이용하여 동일한 환자를 대상으로 시간에 따른 골밀도 변화를 관찰하였기

때문에 이러한 장비에 따른 차이는 수용 가능할 것으로 판단된다. 또한 CBCT의 HU가 장비마다 규격화된다면 골밀도의 규격화된 평가가 가능해질 것이다.

임플란트 식립 전후 시간에 따른 골밀도 변화의 경우, 수술 전보다 수술 직후는 743.25 ± 78.28 HU로 골밀도가 크게 상승하였고, 수술 후 3개월 이내는 850.84 ± 81.65 HU, 수술 후 6개월 이내는 935.62 ± 77.89 HU로 시간이 지남에 따라 골밀도도 증가하였다. 이 결과는 이전 연구^{27,28)}와 같이 임플란트의 안정성이 식립 6주부터 급격하게 증가되기 시작하여 상부 구조 장착 시까지 계속 증가되고, 이는 시간의 진행에 따른 골 성숙에 의한다는 결과와 일치하였다. 따라서 상악에 임플란트를 식립한 경우, 식립 직후 증가된 골밀도가 3개월, 6개월 이내의 기간동안 점점 증가되었으며, 이는 임플란트 주변골이 안정화 되면서 임플란트의 안정성 역시 증가됨을 나타내는 것으로 생각할 수 있다.

골밀도의 시간에 따른 변화는 성별에 대해서 통계학적으로 차이가 없었다. 그러나 식립 전 여성은 159.77 ± 536.73 HU 이었고, 남성은 392.45 ± 459.96 HU 이었다. 3-6개월 사이 기간 동안, 여성은 920.62 ± 309.20 HU 이었고, 남성은 945.24 ± 420.76 HU 이었다. 이로 미루어 여성의 경우, 남성에 비해 임플란트 식립 전 낮은 골밀도 평균을 보였으나, 임플란트 식립 후 시간이 지남에 따라 골밀도가 증가하면서 안정화됨을 보여주었다.

임플란트를 식립 부위에 따라 전치부, 소구치부, 대구치부로 나누어 시간에 따른 변화를 확인해 보려는 시도를 해 보았다. 식립 전 전치부는 1101.52 ± 150.57 HU, 소구치부는 322.72 ± 592.42 HU, 대구치부는 120.81 ± 300.20 HU의 골밀도를 보였다. 이는 이전 연구²⁰⁾와 같이 상악에서 임플란트 식립 전 전치부에서 대구치부로 갈수록 골밀도가 감소하였다는 결과와 동일하였다. 그러나 전치부는 4곳, 소구치부는 7곳, 대구치부는 14곳으로 연구 대상이 작아 식립 전후 시간에 따른 골밀도의 변화는 향후 추가적인 연구가 필요할 것으로 판단된다.

임플란트 식립 후 CBCT를 이전의 연구²⁰⁾와 같이 2-4주 간격으로 촬영하는 시간 간격을 짧게 하여 골밀도의 안정성을 평가하는 것도 의미있을 것으로 생각된다. 그러나 환자의 유효선량을 고려하여 ALARA (As Low As Reasonable Achievable) 원칙²⁹⁾에 입각하여 촬영간격을 3개월 단위로 고정하였다. 이번 연구에 사용된 Implagraphy (Vatech, Seoul, Korea)는 CBCT로 일반 CT에 비해 유효선량이 낮은데, 상악 구치부를 촬영한 경우 $90.19 \mu\text{Sv}$ 로 파노라마촬영시 유효선량 보다 2.2배 높은 유효선량이 관찰되었다는 연구결과도 있었다^{30), 30)} Background radiation이 매일 최소 $8 \mu\text{Sv}$ 인 것을 감안하면 3개월 마다 환자를 촬영할 경우에도 임상적으로 문제가 되지 않을 것으로 생각된다.

한편 Trabecular bone의 두께가 0.1-0.3 mm이므로 CBCT영상을 통한 보다 정확한 분석은 해상도 0.1 mm이하의 정밀 영상이 필요하지만, 기존의 자기공명주파수 측정기(Periotest, Osstell mentor 등)가 아닌 CBCT를 통한 시간에 따른 3차원적인 임플란트의 안정성 또는 주위골의 안정성을 분석한다는데 의미를 두고 싶고 또한 그 결과도 비교적 믿을만한 성적을 나타내어 이번 연구의 CBCT를 이용한 객관적인 골밀도 측정을 통해, 임플란트 식립부위의 골밀도를 평가하고 성공도를 예측하는데 중요한 정보로서 활용할 수 있으리라 사료된다.

향후 골이식재 또는 PRF, CGF 기술, rh-BMP2를 이용한 표면처리기술 등에 차이를 두어 다시 CBCT를 이용하여 임플란트를 식립한 경우 골밀도의 안정성에 미치는 영향 등에 대한 추가적인 연구도 의미있으리라 사료된다.

V. 결 론

저자는 상악에 식립된 임플란트 식립 전후의 골밀도 변화 양상에 대해 CBCT를 이용하여 시간의 변화에 따른 임플란트 주위 골의 안정성을 평가하였다.

무치악부 보철을 위해 상악에 임플란트를 식립한 환자 14명의 25부위를 연구대상으로 하였다. 남자는 8명, 15부위 여자는 6명 10부위가 연구대상이었으며, 남녀 나이 평균은 52.1세, 50.7세였다. CBCT 촬영 후, 3차원 영상 소프트웨어인 Ezimplant™을 이용하여 실제 식립된 임플란트 주변에 가상의 임플란트를 모의 식립하였다. 임플란트 식립 전후 시간에 따른 골밀도의 변화를 Hounsfield unit index에 기초하여 측정하였고, 반복측정 분산분석(repeated ANOVA)을 통해 0.05 유의 수준에서 유의성을 분석해 본 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 임플란트 식립전, 식립 직후, 식립 후 3개월 이내, 식립 후 6개월 이내의 기간 동안 임플란트 주변 골밀도를 비교한 결과, 통계적으로 유의한 차이가 있었다. 식립 전과 비교시 식립 직후에 골밀도의 상승 폭이 높았으며, 6개월 이내의 시기에 골밀도가 꾸준히 증가하면서 안정화됨을 보여주었다.
2. 성별에 따른 식립 전후 골밀도의 변화는 통계적으로 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다. 여성의 경우, 남성에 비해 임플란트 식립 전 낮은 골밀도 평균을 보였으나, 임플란트 식립 후 시간이 지남에 따라 골밀도가 증가하면서 안정화 됨을 보여주었다.

그러므로 CBCT를 이용하여 측정된 임플란트 식립 전후의 객관적인 골밀도 수치(HU)를 통해 임플란트의 식립후 안정성을 적절하게 평가할 수 있을 것으로 사료되었다.

References

1. Branemark PI, Zarb GA, Albrektsson T : Tissue Integrated Prostheses: Osseointegration in Clinical Dentistry. Chicago, Quintessence, 1985, p.39.
2. Albrektsson T, Branemark PI, Hansson HA *et al* : Osseointegrated titanium implants. Requirements for ensuring a long-lasting, direct bone-to-implant anchorage in man. *Acta Orthop Scand* 52 : 155, 1981.
3. Misch CE : Bone density : A key determinant for treatment planning. In : Misch CE editor. *Contemporary Implant Dentistry*, 3rd ed. St Louis, Mosby, 2008, p.130.
4. Adell R, Lekholm U, Rockler B *et al* : A 15 years study of osseointegrated implants in the treatment of edentulous jaw. *Int J Oral Maxillofac Surg* 10 : 387, 1981.
5. Cox JF, Zarb GA : The longitudinal efficacy of osseointegrated dental implants. A 3-year report. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2 : 91, 1987.
6. Jaffin R, Bermann C : The excessive loss of Branemark fixtures in type IV bone : a 5-year analysis. *J Periodontol* 62 : 2, 1991.
7. Lekholm U, Zarb GA : Patient selection and preparation. In : Branemark PI, Zarb GA, Albrektsson T editor. *Osseointegration in clinical dentistry*. 3rd ed. Chicago, Quintessence, 1985, p.199.
8. Matsue I, Zimmermann ER, Collings CK *et al* : Microdensitometric analysis of human autogenous implant II Two dimensional density and pattern analysis of interproximal alveolar bone. *J Periodontol* 42 : 435, 1971.
9. Katoh T, Shimada K, Chiba M *et al* : The basic study on bone mineral assessment with dual energy radiographic densitometry method. *Oral Radiol* 18 : 278, 1978.
10. Ishigaki T, Sakuma S, Horikawa Y *et al* : One-shot dual-energy subtraction imaging. *Radiology* 161 : 271, 1986.
11. Park WK, Kim JD : A Comparative Study of Quantitative Assessment of Bone Mineral Density of Mandible. *Korean J Oral Maxillofac Radiol* 29 : 161, 1999.
12. Misch CE, Kircos LT : Diagnostic imaging and techniques. In : Misch CE editor. *Contemporary implant dentistry*, 3rd ed. St Louis, Mosby, 2008, p.38.
13. Norton RM, Gamble C : Bone classification : an objective scale of bone density using the computerized tomography scan. *Clin Oral Impl Res* 12 : 79, 2001.
14. Homolka P, Beer A, Birkfellner W *et al* : Bone mineral density measurement with dental quantitative CT prior to dental implant placement in cadaver mandibles : pilot study. *Radiology* 224 : 247, 2002.
15. Fanuscu MI, Chang TL : Three-dimensional morphometric analysis of human cadaver bone : microstructural data from maxilla and mandible. *Clin Oral Impl Res* 15 : 213, 2004.
16. Shahlaie M, Gantes B, Schulz E *et al* : Bone density assessments of dental implant sites : 1. Quantitative computed tomography. *Int J Oral Maxillofac Implants* 18 : 224, 2003.
17. Beer A, Gahleitner A, Holm A *et al* : Correlation of insertion torques with bone mineral density from dental quantitative CT in the mandible. *Clin Oral Impl Res* 14 : 616, 2003.
18. Shapurian T, Damoulis PD, Reiser GM *et al* : Quantitative evaluation of bone density using the Hounsfield index. *Int J Oral Maxillofac Implants* 21 : 290, 2006.
19. Turkyilmaz I, Tözüm TF, Tümer C : Bone density assessments of oral implant sites using computerized tomography. *J Oral Rehabil* 34 : 267, 2007.
20. Goo JG, Kim HS, Kim JD : Quantitative assessment of perimplant bone density (HU) on CBCT image. *Korean J Oral Maxillofac Radio* 38 : 1, 2008.
21. Park CJ, Kim YS, Kim CW *et al* : A study on the change of implant stability using resonance frequency analysis. *J Kor Acad Prosth Soc* 4 : 271, 2003.
22. Song YD, Jun SH, Gwon JJ : Correlation between bone quality evaluated by cone-beam computerized tomography and implant primary stability. *Int J Oral Maxillofac Implants* 24 : 59, 2009.
23. Wyatt CC, Pharoah MJ : Imaging techniques and image interpretation for dental implant treatment. *Int J Prosthodont* 11 : 442, 1998.
24. Ha JW, Kim SG, Kim HH *et al* : Histomorphometric analysis of an immediate non-functional loaded implant in dogs. *J Kor Oral Maxillofac Surg* 34 : 90, 2008.
25. Kim JH, Kim MH, Lee WG *et al* : Evaluation of Bone Uptake on Tc-99m-MDP in Immediate and Delayed Dental Implants. *J Vent Clin* 20 : 207, 2003.
26. Duckmanton NA, Austin BW, Lechner SK *et al* : Imaging for predictable maxillary implants. *Int J Prosthodont* 7 : 77, 1994.
27. Ko SM, Park SJ, Kim IS *et al* : Observation of the change of the dental implant stability and bone density evaluation methods. *J Korean Acad Periodontol* 39 : 185, 2009.
28. Glauser R, Sennerby L, Meredith N *et al* : Resonance frequency analysis of implants subjected to immediate or early functional occlusal loading. Successful vs. failing implants. *Clin Oral Implants Res* 15 : 428, 2004.
29. Farman AG : ALARA still applies [editorial]. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 100 : 395, 2005.
30. Lee JN, Han WJ, Kim EK : Absorbed and effective dose from developed cone beam computed tomography in Korea. *Korean J Oral Maxillofac Radiol* 37 : 932, 2007.

저자 연락처

우편번호 626-770
경상남도 양산시 물금읍 범어리
부산대학교 치과병원 구강악안면외과
김용덕

원고 접수일 2010년 04월 29일
게재 확정일 2010년 05월 27일

Reprint Requests

Yong-Deok Kim

Department of Oral and Maxillofacial Surgery,
School of Dentistry, Pusan National University
Yongsan, Gyeongnam, 626-770, Korea
Tel: +82-55-360-5100 Fax: +82-55-360-5104
E-mail: ydkimdds@pusan.ac.kr

Paper received 29 April 2010
Paper accepted 27 May 2010