

국내에서 개발된 3차원 임플란트 가상시술 시스템에 의한 영상재구성상의 정확도

단국대학교 치과대학 구강악안면방사선학교실
최진석 · 김은경 · 한원정

The accuracy of reformatted images using a new virtual 3-dimensional dental implant system

Jin-Seok Choi, Eun-Kyung Kim, Won-Jeong Han

Department of Oral and Maxillofacial Radiology, School of Dentistry, Dankook University

ABSTRACT

Purpose : To compare the measurements of the mandible and the detectability of the mandibular canal on reformatted images using a newly developed 3-dimensional implant simulation program with traditionally used CT multiplanar reconstruction program and true measurements.

Materials and Methods : Ten dry dog mandibles were used in this study. Occlusal templates for CT examination were fabricated and marked with gutta percha at ten sites. Axial CT scans were taken and reconstructed using DentaScan (D group) and Vimplant program (V group), and each mandible was sectioned at the previously marked sites (R group). Maximum vertical height (H) and maximum width (W) of the mandible, the distances from buccal border of the mandibular canal to the most buccal aspect of the mandible (X), and the distance from the superior border of the mandibular canal to the alveolar crest (Y) were measured, and the mandibular measurements in each group were compared. Detectability of mandibular canal was evaluated using a 3-point scale in both V and D groups by three oral radiologists and compared.

Results : H in the V group was slightly greater than that in the D group, and W and X in the V group was slightly less than those in the D group. H in the V group was less than that in the R group, and W and X in the V group was larger than those in the R group. The detectability of the mandibular canal did not show statistically significant differences between V and D groups.

Conclusion : The results of the experiment show that the newly developed, inexpensive Vimplant™ simulation program can be used as an alternative to the traditionally used, and more expensive CT multiplanar reconstruction program. (*Korean J Oral Maxillofac Radiol* 2003; 33 : 187-93)

KEY WORDS : image processing, computer-assisted; dental implants; mandible

서 론

치과용 임플란트 식립을 성공적으로 시술하기 위해서 술전 치료계획 과정에서 악골의 길이, 폭, 모양에 대한 정보와 상악동, 비구개관, 하악관 같은 임플란트 식립시 고려해야 할 주요 해부학적 구조물에 대한 정보, 그 외에 피질

골의 두께, 골의 석회화 정도에 대한 정확한 해부학적 정보를 얻어야 한다.¹⁻³ 임플란트 식립시 정확한 치료계획을 세우기 위해서 악골 절단면의 수직적, 수평적 측정치들이 필요하고 이러한 수치에서 얻어진 정보는 적절한 임플란트 식립 위치 선택과 임플란트 크기 결정에 도움을 준다. 이러한 정보들의 대부분은 방사선사진 촬영을 통해서 얻을 수 있다. 그러나 치근단 방사선사진 촬영법, 교합 방사선사진 촬영법, 파노라마 방사선사진 촬영법, 측방 두부구격방사선사진 촬영법 등의 일반 방사선사진 촬영법으로는 악골의 절단면상을 제공해 주지 못해 악골의 협설측 폭경

접수일 : 2003년 5월 29일; 심사일 : 2003년 5월 30일; 채택일 : 2003년 6월 27일
Correspondence to : Prof. Eun-Kyung Kim
Dept of Oral and Maxillofacial Radiology, School of Dentistry, Dankook University
San 7-1, Shinboodong, Cheonan, Choongnam, KOREA
Tel) 82-41-550-1922, Fax) 82-41-553-3707
E-mail) ekkim@dku.edu

이나 치밀골의 두께 등을 보여주지 못한다. 이러한 절단면상을 얻을 수 있는 촬영법으로 일반 단층사진 촬영법과 전산화 단층사진 촬영법이 있다. 일반 단층사진에서는 고유의 흐림 현상으로 인해 하악관이 뚜렷이 관찰되지 않는 경우가 종종 있으며, 전산화 단층사진 촬영은 환자의 악골을 전산화 단층촬영장치 갠트리에 수직이 되도록 위치시키는 것이 매우 어렵기 때문에 상악 골체부나 하악 골체부에 수직이 되는 절단면상을 직접적으로 보여주지 못한다. 그러나 전산화 단층사진은 직접 촬영하여 얻은 횡단면의 상을 컴퓨터 프로그램을 이용하여 다면상 재구성(multiplanar reformation)을 할 수 있으며, 이러한 다면상 재구성을 할 수 있는 영상 재구성 프로그램은 상, 하악 골체부에 수직이 되는 절단면상과 파노라마상을 얻을 수 있게 해준다.⁴⁻¹⁴

임플란트 치료계획을 수립할 때 전산화 단층촬영을 사용하는 경우 특수 전산화 단층촬영 영상 재구성 프로그램이 필요하다. 현재 많이 이용되고 있는 치과전용 영상 재구성 프로그램으로 GE사의 CT/multiplanar reformation software program인 DentaScan software package (GE Medical system, Milwaukee, USA), Picker사의 Toothpix (Picker International, Cleveland, USA) 등이 있다. 이들은 악궁의 절단면상과 파노라마상을 동시에 제공함으로써 전반적인 진단 및 임플란트 치료계획 수립에 유용한 재구성 영상을 제공한다. 그러나 이들은 CT기기 제조사에 의해 특정CT촬영기에 옵션으로 판매되는 것으로, 고가의 워크 스테이션에서 작동되는 고가의 프로그램으로 치과의사들이 활용하기 어려운 단점이 있다.

그 외에 개인용 컴퓨터에서 구동되는 프로그램으로 미국의 Sim/Plant (Columbia Scientific Inc., Columbia, Maryland, USA)^{15,16}와 국내에서 2001년 3월에 개발, 시판된 개인용 컴퓨터용 가상시술 시스템인 10DR (10DR Co., Ltd, Seoul, Korea) 프로그램이 있는데, 이들은 기존의 워크스테이션용 프로그램들이 제공하는 절단면상과 파노라마상 뿐만 아니라 3차원 이미지를 제공하고, 임플란트 fixture 위치 시뮬레이션 기능 등을 제공하나, CT 촬영 후 직접 개인용 컴퓨터에서 구동 가능하지 않고, 각 프로그램 제작회사에서 CT 영상 파일을 변환, 가공 받아야 개인용 컴퓨터에서 사용 가능하게 되어 있어 불편하고 추가 비용부담의 단점이 있다.

한편, 가장 최근에 국내에서 개발된 Vimplant™ 시스템 (CyberMed Co., Seoul, Korea)은 CT 영상 파일을 바로 개인용 컴퓨터에서 조작, 분석할 수 있는 3차원 임플란트 가상시술 시스템으로 기존의 특수 전산화 단층촬영 영상재구성 프로그램들이 제공하는 절단면상과 파노라마상 뿐만 아니라 3차원 이미지를 제공하고, 임플란트 fixture 위치 시뮬레이션, 신경관 탐지 기능 등의 유용한 정보를 제공한다.

이에 본 연구에서는 성견 하악골을 전산화 단층촬영하

여 국내에서 개발된 3차원 임플란트 가상시술 시스템을 이용하여 얻어진 하악골 단면상에서 계측한 측정치를 임상에서 보편적으로 사용되고 있는 전산화단층촬영 영상재구성 프로그램인 DentaScan 프로그램을 이용한 계측치, 성견 하악골 단면 절편에서 측정된 실측치와 비교하고, 두 프로그램의 영상재구성상에서 하악관의 인지능을 비교함으로써 새로 개발된 3차원 임플란트 가상시술 시스템에 의한 재구성영상의 정확성 및 유용성을 평가해보고자 하였다.

재료 및 방법

1. 연구재료

성견 10마리의 하악골을 촬영 및 단면 계측을 위한 연구재료로 하여, 전산화단층촬영장치는 multidetector spiral CT기종인 Light Speed QXi 전산화단층촬영장치 (GE Medical system, Milwaukee, USA)를, 영상재구성 프로그램은 DentaScan software package (GE Medical system, Milwaukee, USA)와 Vimplant™ 시스템 (CyberMed Co., Seoul, Korea)을 사용했다. DentaScan 소프트웨어는 SunSparc 워크 스테이션에서, Vimplant 소프트웨어는 개인용 컴퓨터 삼성 Magic-Station (pentium IV 1.7 GHz CPU, 1.00 GB RAM, 40 GB HDD)에서 구동되었다.

2. 연구방법

1) 전산화단층촬영

촬영의 재현성을 위하여 하악골을 고정시킬 수 있는 틀을 만들었다. 평편한 아크릴릭판에 하악의 하연 평면이 평행이 되도록 위치시켜 치과용 자가중합레진으로 접착시키고, 이 판에 수직이 되는 또 다른 판을 하악지에 후방 위치시키고 접착시켰다. 하악골의 전산화 단층촬영용 템플레이트는 Omnivac shell을 이용하여 제작하고 제1대구치 부위의 협측면에 6번 round bur로 깊이 1 mm, 폭 1 mm 그리고 길이 10-15 mm의 수평 groove를 주었다. 이 groove는 하악의 교합평면과 평행하게 형성하고 제1소구치, 제2소구치, 제3소구치, 제1대구치, 제2대구치 중앙부에서, 교합면에서 템플레이트의 협측 연장부까지 치아의 장축에 평행이 되도록 깊이, 폭 1 mm의 groove를 주었다. 각각의 groove에 방사선불투과성 물질인 gutta percha를 채웠다. 연조직 보상을 위해 물을 채운 아크릴상자에 하악골을 넣고 하악골의 구치부 하연이 바닥에 수직이 되도록 위치시킨 후, Light Speed QXi 전산화 단층촬영장치를 이용하여 템플레이트의 교합면부터 하악 하연 하방 1.5 mm까지 단면 두께 1.25 mm, 단면 사이의 간격 0.63 mm, bone algorithm, matrix size 512×512, 조사야 크기 16 cm, 120 kVp, 160 mA로, 갠트리의 경사도는 0도로 하여 연속 촬영하였다.

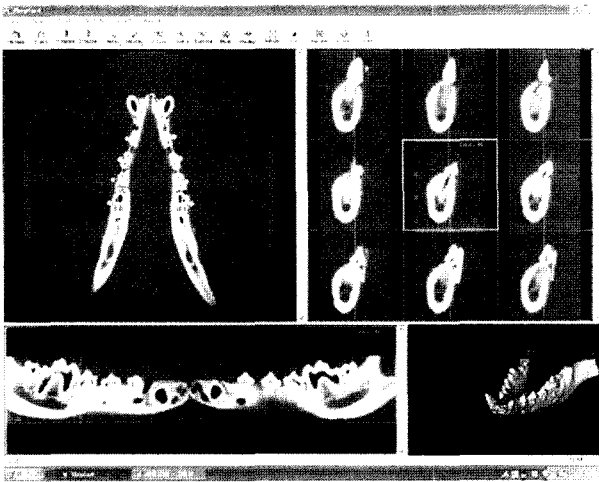
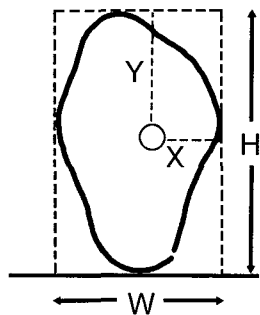


Fig. 1. Reconstructed CT images by Vimplant™ show axial, panoramic, cross-sectional and 3-dimensional images.



H : the distance from the alveolar crest to most inferior aspect of the mandible
 W : the distance from most lingual aspect to most buccal aspect of the mandible
 X : the distance from buccal border of mandibular canal to most buccal aspect of the mandible
 Y : the distance from superior border of mandibular canal to the alveolar crest

Fig. 2. A schematic diagram shows 4 measurements of cross-sectional images of mandible.

2) DentaScan을 이용한 영상재구성 (D군)

촬영이 완료된 전산화단층촬영 영상데이터를 DentaScan software를 사용하여 하악골의 영상을 재구성한 후 Fuji medical laser imager FL-IM D (Fuji Photo Film Co., Tokyo, Japan)를 이용하여 영상을 필름으로 출력하였다.

3) Vimplant™를 이용한 영상 재구성 (V군)

촬영이 완료된 전산화단층촬영 영상파일을 CD-Rom에 저장하여, 개인용 컴퓨터에서 Vimplant™ 프로그램을 이용하여 하악골의 영상을 재구성하였다(Fig. 1).

4) 성견 하악골의 단면 절편 (R군)

전산화 단층촬영 후 실측치를 얻기 위하여 하악골을 경

조직용 절편 제작기인 ISOMET low speed diamond wheel saw Model 650 (Buehler Ltd., South Bay, USA)으로 템플레이트의 협측 groove가 위치한 부위 즉 제1소구치, 제2소구치, 제3소구치, 제1대구치, 제2대구치 중앙부위를 악궁에 수직이 되도록 절단하여, 좌우 각각 5개 단면으로 10개 단면씩 10마리 성견에서 총 100개의 단면절편을 얻었다.

5) 계측 및 분석

(1) 계측

각 군 즉 DentaScan을 이용한 영상재구성군 (D군), Vimplant™를 이용한 영상재구성군 (V군), 성견 하악골을 절단한 군 (R군)별로 제1소구치, 제2소구치, 제3소구치, 제1대구치, 제2대구치 100개 영상 및 단면에서 하악골 단면의 최대 수직고경 (H), 최대 폭경 (W), 하악관의 전연에서 하악골의 협측 경계까지 (X) 및 하악관의 상연에서 치조정 수평면까지의 거리 (Y) (Fig. 2)를 0.1 mm 단위까지 두명의 구강악안면방사선학 전공자가 계측하였다.

(2) 관찰자내 재현성 평가

두 명의 구강악안면방사선학 전공자가 한 개의 하악골 10개 부위에서 각각 두 번씩 측정한 후 두 번 측정된 계측치 간의 차이를 제공한 값으로 계산하여 관찰자내 재현성을 평가하였다.

(3) 관찰자간 재현성 평가

두 명의 구강악안면방사선학 전공자가 10개의 하악골 10개 부위에서 측정된 계측치간의 차이를 제공한 값으로 계산하여 관찰자간 재현성을 평가하였다.

(4) 각군의 계측치 비교

각 군 (D군, V군, R군)에서 각 계측치 (H, W, X, Y)의 평균, 표준편차를 구하여 비교하고, 각 군에서의 계측치 차이 (V군과 D군, V군과 R군, D군과 R군)의 평균, 표준편차를 구하여 비교하였다.

(5) 하악관의 인지능 평가

D군과 V군의 제1소구치, 제2소구치, 제3소구치, 제1대구치, 제2대구치의 단면영상에서 하악관의 인지능을 3-point scale로 세 명의 구강악안면방사선학 전공자가 평가, 비교하였다. 하악관이 명확하게 관찰되는 경우 3점, 하악관을 관찰할 수 있으나 경계가 불분명한 경우 2점, 하악관의 위치를 파악할 수 없는 경우 1점으로 구분하였다.

(6) 통계처리

통계 프로그램 Sigmapstat v.2.0 (Jandel Co. USA)을 이용하여 관찰자내, 관찰자간 재현성 평가는 paired t-test를 시행하여 검정하였고 각 군의 계측치는 Friedman RM ANOVA on Ranks, 사후검정으로 pairwise multiple comparison procedure (Student-Newman-Keuls Method)를 시행하여 검정하였다. 각 군의 인지능 평가 결과는 Chi square test로 통계처리 하였다.

결 과

1. 관찰자내 재현성 평가

Vimplant™를 이용한 영상 재구성군(V군)에서 각 관찰자가 두 번 측정된 계측치 간의 차이를 제공한 값의 평균

Table 1. Comparison of intraobserver squared differences (Q) between both observations for Vimplant image (V) and DentaScan image (D) (mm²)

	Mean QV ± SD	Mean QD ± SD
H	0.12 ± 0.14	0.04 ± 0.07
W	0.11 ± 0.13	0.06 ± 0.09
Y	0.13 ± 0.22	0.07 ± 0.19
X	0.15 ± 0.24	0.06 ± 0.07

p < 0.05

H: the distance from the alveolar crest to most inferior aspect of the mandible

W: the distance from most lingual aspect to most buccal aspect of the mandible

X: the distance from buccal border of mandibular canal to most buccal aspect of the mandible

Y: the distance from superior border of mandibular canal to the alveolar crest

Table 2. Comparison of interobserver squared differences (Q) for Vimplant image (V) and DentaScan image (D) (mm²)

	Mean QV ± SD	Mean QD ± SD
H	0.17 ± 0.22	0.16 ± 0.36
W	0.11 ± 0.17	0.07 ± 0.12
Y	0.27 ± 0.39	0.26 ± 0.43
X	0.15 ± 0.42	0.08 ± 0.09

P > 0.05

Table 3. Comparison of measurements of each group (V, D and R group) (mm)

	Mean ± SD in V group	Mean ± SD in D group	Mean ± SD in R group	P-value
H	25.9 ± 3.9*†	25.7 ± 3.9*†	26.1 ± 3.7†	P < 0.001
W	12.9 ± 1.6*†	13.0 ± 1.5*†	12.4 ± 1.6†	P < 0.001
Y	12.6 ± 2.5	12.4 ± 2.4	12.7 ± 2.5	P > 0.05
X	3.5 ± 1.1*†	3.6 ± 1.1*†	2.8 ± 0.7†	P < 0.001

*.†.‡: statistically significant (p < 0.05)

Table 4. Comparison of measurements differences among each group (V, D and R group) (mm)

	Mean differences between V group and D group ± SD	Mean differences between V group and R group ± SD	Mean differences between D group and R group ± SD	P-value
H	0.2 ± 0.4*†	-0.3 ± 1.1*†	-0.4 ± 1.1†	P < 0.001
W	-0.1 ± 0.4*†	0.5 ± 0.8*†	0.6 ± 0.7†	P < 0.001
Y	0.1 ± 0.5	-0.0 ± 0.9	-0.2 ± 1.0	P > 0.05
X	-0.1 ± 0.4*†	0.6 ± 1.1*†	0.8 ± 1.1†	P < 0.001

*.†.‡: statistically significant (p < 0.05)

은 H, W, X, Y가 각각 0.12 mm², 0.11 mm², 0.13 mm², 0.15 mm²로 DentaScan을 이용한 영상재구성군(D군)에서 각 관찰자가 두 번 측정된 계측치 간의 차이를 제공한 값의 평균인 0.04 mm², 0.06 mm², 0.07 mm², 0.06 mm²보다 다소 컸으나(p < 0.05), 두군 모두에서 작은 값을 보였다(Table 1).

2. 관찰자간 재현성 평가

두 명의 구강악안면방사선과 전공자가 10개 하악골의 각 부위에서 측정된 계측치 간의 차이를 제공한 값의 평균은 Vimplant™를 이용한 영상재구성군(V군)에서 H, W, X, Y가 각각 0.17 mm², 0.11 mm², 0.27 mm², 0.15 mm²로 DentaScan을 이용한 영상재구성군(D군)에서의 0.16 mm², 0.07 mm², 0.26 mm², 0.08 mm²보다 약간 컸으나 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다(p > 0.05)(Table 2).

3. 각 군의 계측치 비교

V군에서 하악골 단면의 평균 최대 수직고경(H)은 25.9 mm로, D군의 25.7 mm보다 크고 성견 하악골을 절단한 군(R군)의 26.1 mm보다 작았다(P < 0.001). 평균 최대 폭경(W)과 하악관의 전연에서 하악골의 협측 경계까지의 평균 거리(X)는 V군에서 12.9 mm, 3.5 mm로 D군의 13.0 mm, 3.6 mm보다 약간 작고 R군의 12.4 mm, 2.8 mm보다 컸다(P < 0.001). 하악관의 상연에서 치조정 수평면까지의 거리는 각 군 별로 유의한 차이가 없었다(Table 3, 4).

4. 하악관의 인지능 비교

V군에서 하악관의 인지능은 하악관이 명확하게 관찰되는 경우가 45.4%로 D군에서의 43.6%보다 약간 많았으나 통계적으로 유의한 차이는 없었다(Table 5).

고 찰

치과용 임플란트 술전 치료계획을 위한 방사선사진 검사로 여러 가지가 있으나 악골의 절단면상은 일반 단층방사선사진과 CT 사진에서만 관찰이 가능하다. CT 촬영은 다 평면재구성을 통하여 가장 적절한 임플란트 식립 위치를 선정하고 적절한 임플란트의 길이와 각도를 설정하는 데

Table 5. Scores of detectability of mandibular canal on DentaScan image and Vimplant image

Score	D group	V group	Total
3	131 (43.6%)	136 (45.4%)	267
2	112 (37.4%)	110 (36.6%)	222
1	57 (19.0%)	54 (18.0%)	111
Total	300	300	600

(P>0.05)

유용한 정보를 얻을 수 있어 골을 최대한 이용할 수 있으며, 일반 단층방사선사진 촬영보다 X선 노출량이 많다고 하나 최근에는 저선량 CT 촬영으로 조사선량을 감소시켜 촬영하고 있으며, 전악에 걸친 여러 개의 임플란트 식립 계획시에는 촬영 횟수가 증가하는 단층 방사선사진 촬영보다 오히려 선량이 적은 것으로 보고되고 있다.¹⁷

횡단면 CT 영상을 다평면재구성하는데 많이 이용되고 있는 치과전용 영상재구성 프로그램인 GE사의 DentaScan software, Picker사의 Tooth-pix 등은 CT기기 제조사에 의해 CT 촬영기기에 옵션으로 판매되는 것으로, 고가의 워크스테이션에서 작동되는 고가의 프로그램이라 치과의사들이 활용하기 어려운 단점이 있고, 개인용 컴퓨터에서 구동되는 CT 영상재구성 프로그램인 미국의 Sim/Plant와 국내의 10DR 프로그램은 CT 촬영 후 각 프로그램 제작회사에서 CT 영상 파일을 변환, 가공 받아야 개인용 컴퓨터에서 사용 가능하게 되어 있어 불편하고 추가 비용부담의 단점이 있다. 최근 저가의 개인용 컴퓨터의 성능이 날로 향상되고, 정부의 벤처산업 장려정책에 힘입어 국내에서 개인용 컴퓨터에서 구동되는 우수한 프로그램들이 속속 개발되고 있는데, 2002년 후반기에 시판되기 시작한 Vimplant™ 시스템은 CT 영상 파일을 바로 개인용 컴퓨터에서 조작, 분석할 수 있는 임플란트 전용 영상재구성 프로그램으로 고가의 특수 CT 영상재구성 프로그램들이 제공하는 절단면상과 파노라마상 외에 3차원 이미지를 제공하고, fixture 위치 시뮬레이션, 신경관 탐지 기능 등의 유용한 정보를 제공한다.

파노라마 방사선사진, 일반 단층방사선사진, 다평면 재구성된 CT 사진에서의 측정치의 정확성을 평가한 선학들의 연구에 의하면, Bou Serhal 등¹⁸은 견조 인체 상악골의 구치부에서 일반 나선형 단층방사선사진의 정확성을 평가한 결과 단층방사선사진에서의 측정치가 실측치보다 평균 0.24 mm (SD 0.19) 크게 나왔으나, 통계학적으로 유의한 차이는 아니었다고 하였으며, Cavalcanti 등^{19,20}은 상악 전치부와 하악 이공 부위에서 영상재구성한 CT 사진에서의 측정치는 cadaver에서의 실측치와 유의성 있는 차이가 없었다고 하였고, Yang 등²¹은 다평면재구성한 2차원 CT에서 실측치와 평균 차이값이 1.20 mm로 하치조관부위의 정확한 측정을 허용한다고 하였다. 한편 김과 박²²은 하악 최후

방 무치악 부위 평가시 나선형 단층사진이 CT 사진에 비해 정확성이 떨어진다고 하였고, Reddy 등²³과 이 등²⁴은 파노라마 방사선사진만으로 결정된 임플란트 길이를 CT 사진과 비교하여 파노라마 방사선사진보다는 CT 사진이 정확한 임플란트 길이 결정에 도움이 된다고 한 바 있다. 본 연구에서 성견 하악골을 CT 촬영하여 Vimplant™ 프로그램으로 영상재구성하여 측정한 측정치(V군)를 임상에서 이미 보편적으로 사용하고 있는 특수 CT 영상재구성 프로그램인 DentaScan 프로그램을 이용한 측정치(D군)와 비교한 결과, V군에서 하악골 단면의 평균 최대 수직고경(H)은 25.9 mm로 D군의 25.7 mm보다 크고 평균 최대 폭경(W)과 하악관의 전연에서 하악골의 협측 경계까지의 평균 거리(X)는 V군에서 12.9 mm, 3.5 mm로 D군의 13.0 mm, 3.6 mm보다 약간 작았다. 즉 측정치 차이의 평균값은 0.1-0.2 mm 정도로 아주 근소하여 이는 치과의사가 다평면 재구성된 CT 사진에서 트레이싱할 때 일반적으로 사용하는 샤프널필스의 굵기가 0.5-0.7 mm인 것을 감안하면 무시할 만한 수치라 할 수 있다. 또한 박 등²⁵은 성견 하악골을 이용하여 임플란트 전산화단층촬영시 central panoramic curve의 변화가 하악골 영상 재구성에 미치는 영향을 평가한 연구에서 영상재구성한 CT 사진에서 최대 수직고경은 실측치보다 다소 작고, 최대폭경은 실측치보다 다소 컸다고 보고하였는데, 본 연구에서 Vimplant™ 프로그램으로 영상재구성하여 측정한 측정치(V군)를 성견 하악골 단면 절편에서 측정한 실측치(R군)와 비교한 결과, V군에서 하악골 단면의 평균 최대 수직고경(H)은 25.9 mm로 R군의 26.1 mm보다 작았다. 평균 최대 폭경(W)과 하악관의 전연에서 하악골의 협측 경계까지의 평균 거리(X)는 V군에서 12.9 mm, 3.5 mm로, R군의 12.4 mm, 2.8 mm보다 컸다. 즉 V군에서 측정치와 실측치 차이의 평균값은 정확성의 평가 기준으로 활용하는 “surgeon’s tolerance”인 1 mm²⁵⁻²⁸ 보다는 작은 값인 0.2-0.7 mm 정도지만, D군 측정치와의 차이보다 다소 큰 값이 나왔는데, 이 결과는 V군에서 수직고경이 실측치보다 다소 작고, 최대폭경은 다소 큰 박 등²⁵의 결과와 일치하였다. 그들은 재구성영상에서의 측정치가 실측치와 차이를 보이는 이유로 CT 영상에서의 절단면상과 경조직용 절편 제작기로 하악골을 절단한 단면이 정확히 일치하지 않을 수 있다는 점을 들었다. 본 연구에서도 실제 성견 하악골을 절단할 때 gutta percha로 표지된 제1소구치, 제2소구치, 제3소구치, 제1대구치, 제2대구치 중앙부를 정확히 절단하려 했으나 다소 오차가 생기는 것을 육안으로 확인할 수 있었다. 따라서 성견 하악골 단면 절편에서 측정한 실측치를 비교를 위한 gold standard로 하기에는 무리가 있어, 임상에서 이미 보편적으로 사용하고 있는 특수 CT 영상재구성 프로그램인 DentaScan 프로그램을 이용한 측정치를 standard로 하여 비교할 때 새로 개발된 Vimplant 프로그램에서의 측정치는 거의 무시할 수 있는 근소한 차이

를 보여 기존의 DentaScan 프로그램을 대치할 수 있을 것으로 사료되었다.

계측은 두명의 구강악안면방사선과 의사에 의해 수행되었는데, 관찰자내 재현성 평가^{29,30}를 위해 각 관찰자가 두 번 측정한 계측치 간의 차이를 제공한 값을 구하여 V군과 D군을 비교한 결과 V군에서 H, W, X, Y의 평균값은 각각 0.12 mm², 0.11 mm², 0.13 mm², 0.15 mm²로 D군에서의 0.04 mm², 0.06 mm², 0.07 mm², 0.06 mm²보다 다소 컸으나, 두군 모두에서 작은 값을 보였다. 즉 모니터 상에서 관찰하는 V군에서 관찰자내 재현성이 아주 근소하게 떨어지는 것을 알 수 있었다. 관찰자간 재현성은 두 명의 구강악안면방사선과 전공자가 10개 하악골 총 100 부위에서 측정한 계측치 간의 차이를 제공한 값으로 평가^{29,30}하였는데, 평균값은 V군에서 H, W, X, Y가 각각 0.17 mm², 0.11 mm², 0.27 mm², 0.15 mm²로 D군에서의 0.16 mm², 0.07 mm², 0.26 mm², 0.08 mm²보다 약간 컸으나 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다. 즉 관찰자내 재현성보다는 다소 큰 값이 관찰되었으나, V군과 D군에서 별 차이 없는 관찰자간 재현성을 보였다.

한편 하악관의 인지능 평가에서 Vimplant 프로그램이 DentaScan 프로그램에는 없는 신경관 탐지 기능을 가지고 있어 인지능에 도움을 줄 수 있을 것으로 기대했으나 신경관 탐지 기능은 정확성이 떨어져 인지능에 아무 도움을 주지 못하였다. 따라서 특별한 부가 기능은 활용하지 않고 모니터 상에서의 재구성된 절단면 영상만을 관찰하여 인지능을 3단계로 평가한 결과 하악관이 명확하게 관찰되는 경우가 45.4%로, DentaScan 프로그램으로 재구성 후 통법으로 프린트한 필름 상에서 인지능을 평가한 D군에서의 43.6%보다 약간 많았으나 통계적으로 유의한 차이는 없었다.

이상을 종합해 볼 때 국내에서 개발된 VimplantTM 시뮬레이션 소프트웨어로 재구성한 CT 영상은 기존에 사용되고 있는 DentaScan으로 재구성한 CT 영상과 계측학적으로나 영상의 질적 측면에서 차이가 없어 임상에서 유용하게 사용 가능할 것으로 생각된다.

참 고 문 헌

- Albrektsson T, Zarb GA. The Branemark osseointegrated implant. Chicago: Quintessence Publishing Co.; 1989. p.103-15.
- Branemark PI, Zarb GA, Albrektsson T. Tissue-integrated prostheses-osseointegration in clinical dentistry. Chicago: Quintessence Publishing Co.; 1985. p. 318-20.
- Hobo S, Ichida E, Garcia LT. Osseointegration and occlusal rehabilitation. Tokyo: Quintessence Publishing Co.; 1989. p. 64-73.
- 대한구강악안면방사선교수협의회. 구강악안면방사선학. 제3판. 서울: 나래출판사; 2001. p. 494-9.
- Miles DA, Van Dis ML. Implant radiology. Dent Clin North Am 1993; 37 : 645-68.
- Misch CE. Diagnostic evaluation. In: Misch CE. Contemporary implant dentistry. St. Louis: Mosby-Year book, Inc.; 1993. p. 103-21.
- Rothman SLG. Dental applications of computerized tomography surgical planning for implant placement. Chicago: Quintessence Publishing Co.; 1998. p. 3-38.
- Donlon WC, Young P, Vassiliadis A. Three dimensional computed tomography for maxillofacial surgery: Report of cases. J Oral Maxillofac Surg 1988; 46 : 142-7.
- Maravilla KR. Computer reconstructed sagittal and coronal computed tomography head scans: Clinical applications. J Comput Assist Tomogr 1978; 2 : 189-98.
- Rothman SLG, Chafetz N, Rhodes ML, Schwarz MS. CT in the preoperative assessment of the mandible and maxilla for endosseous implant surgery. Radiology 1988; 168 : 171-5.
- Andersson L, Kuroi M. CT scan prior to installation of osseointegrated implants in the maxilla. Int J Oral Maxillofac Surg 1987; 16 : 50-5.
- Fjellstrom CA, Strom C. CT of the edentulous maxilla intended for osseointegrated implants. J Craniomaxillofac Surg 1987; 15 : 45-6.
- Shimura M, Babbush CA, Majima H, Yanagisawa S, Sairenji E. Pre-surgical evaluation for dental implants using a reformatting program of computed tomography: maxilla/mandible shape pattern analysis (MSPA). Int J Oral Maxillofac Implants 1990; 5 : 175-81.
- Kassebaum DK, Nummikoski PV, Triplett RG, Langlais RP. Cross-sectional radiography for implant site assessment. Oral Surg Oral Med Oral Pathol 1990; 70 : 674-8.
- Besimo CE, Lambrecht JT, Guindy JS. Accuracy of implant treatment planning utilizing template-guided reformatted computed tomography. Dentomaxillofac Radiol 2000; 29 : 46-51.
- Solar P, Gahleitner A, Bednar A, Rodinger S, Watzek G. Detection of the mandibular canal via shaded surface display and multiplanar reconstruction of CT data. J Oral Rehabil 2001; 28 : 243-56.
- 홍병희, 한원정, 김은경. 치과 임플란트 치료 계획을 위한 나선형 일반단층촬영과 전산화 단층촬영시 흡수선량 및 유효선량 평가. 대한구강악안면방사선학회지 2001; 31 : 165-73.
- Bou Serhal C, Jacobs R, Persoons M, Hermans R, van Steenberghe D. The accuracy of spiral tomography to assess bone quantity for the preoperative planning of implant in the posterior maxilla. Clin Oral Implants Res 2000; 11 : 242-7.
- Cavalcanti MGP, Yang J, Ruprecht A, Vannier MW. Validation of spiral computed tomography for dental implants. Dentomaxillofac Radiol 1998; 27 : 329-33.
- Cavalcanti MGP, Yang J, Ruprecht A, Vannier MW. Accurate linear measurements in the anterior maxilla using orthoradially reformatted spiral computed tomography. Dentomaxillofac Radiol 1999; 28 : 137-40.
- Yang J, Cavalcanti MG, Ruprecht A, Vannier MW. 2-D and 3-D reconstructions of spiral computed tomography in localization of the inferior alveolar canal for dental implants. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 1999; 87 : 369-74.
- 김기덕, 박창서. 하악골 매식 부위 계측을 위한 나선형 단층촬영술의 신뢰도. 대한구강악안면방사선학회지 1997; 27(2) : 27-42.
- Reddy MS, Mayfield-Donhoo T, Vandervan FJ, Joffcoat MK. A comparison of the diagnostic advantages of panoramic radiography and computed tomography scanning for placement of root form dental implants. Clin Oral Implants Res 1994; 5 : 229-38.
- 이재학, 한원정, 최영희, 김은경. 치과 임플란트 수술 계획시 CT를 이용한 상악동 체적 및 치조골량 측정. 대한구강악안면방사선학회지 2003; 33 : 35-41.
- 박래정, 이삼선, 최순철, 박태원, 유동수. 임플란트전산화단층촬영시

- central panoramic curve의 변화가 하악골의 영상 재구성에 미치는 영향. 대한구강악안면방사선학회지 1998; 28 : 47-57.
26. Klinge B, Petersson A, Maly P. Location of mandibular canal: comparison of macroscopic finding, conventional radiography, and computed tomography. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1989; 4 : 327-32.
27. Petrikowski CG, Pharoah MJ, Schmitt A. Presurgical radiographic assessment for implants. *J Prosthet Dent* 1989; 61 : 59-64.
28. 최순철, 최항문, 박래정, 이삼선, 박태원, 유동수. 임플란트를 위한 하악골 측정시 전산화단층사진상의 정확도에 관한 연구: 하악 위치와 gantry각이 미치는 영향. 대한구강악안면방사선학회지 1998; 28 : 225-33.
29. Krummenauer F, Doll G. Statistical methods for the comparison of measurements derived from orthodontic imaging. *Eur J Orthod* 2000; 22 : 257-69.
30. Schulze RKW, Gloede MB, Doll GM. Landmark identification on direct digital versus film-based cephalometric radiographs: A human skull study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2002; 122 : 635-42.