

임플란트를 위한 하악골 측정시 전산화단층사진상의 정확도에 관한 연구: 하악 위치와 gantry각이 미치는 영향

서울대학교 치과대학 구강악안면방사선학 교실 및 치학연구소

최순철 · 최항문 · 박래정 · 이삼선 · 박태원 · 유동수

목 차

- I. 서 론
- II. 연구재료 및 방법
- III. 연구성적
- IV. 총괄 및 고안
- V. 결 론
- 참고문헌
- 영문초록

I. 서 론

임플란트 시술 전의 방사선학적 검사는 필수적이며 이를 통하여 악골의 형태, 해부학적 구조물의 위치, 질병의 유무, 수직고경과 협설폭경 등을 검사할 수 있다. 특히 하악의 경우 하악관의 위치를 평가하는 것이 중요하다. DelBalso 등¹⁾과 Tolman 등²⁾은 임플란트 매식체의 잘못된 경사도나 위치 또는 너무 긴 임플란트의 사용에 의해, 하악신경의 영구적 손상이나 하순부의 영구적 지각이상을 초래할 수 있다고 하였다.

하악관의 위치관계를 파악하는데 널리 사용

되는 방사선촬영법으로는 파노라마 촬영법, 일반단층촬영법, 전산화단층촬영법이 있다³⁻¹⁰⁾. 이 중 파노라마방사선사진은 협설단면을 관찰할 수 없고 부위마다 확대율이 다르다는 단점이 있다. Silverstein 등¹¹⁾은 이차원적인 파노라마 방사선사진으로는 협설단면에서의 여러 해부학적 구조물들의 위치를 평가할 수 없으므로 하악관과 절치관의 위치 및 크기, 상악동과 치조골의 모양과 밀도 등을 정확히 파악하기 위해서는 일반단층사진이나 전산화단층사진이 필요하다고 하였다. 일반단층촬영법은 검사를 원하는 단면을 관찰하기 위해 그 전후방 구조물을 blurring 시켜 원하는 부위의 단면영상을 얻어낸다¹²⁾. 따라서 일반단층방사선사진의 해상력 감소는 촬영원리에서 나타나는 고유의 문제이며¹³⁾ Kassebaum 등¹⁴⁾은 선형단층촬영법으로 얻어진 영상 중 20%가 진단가치가 없었다고 보고하였다.

전산화단층촬영법을 이용하여 악골의 협설단면을 관찰하는 방법에는 악골의 관상면을 직접 주사면에 일치시켜 촬영하는 방법과 횡단면상을 얻은 후 이것을 컴퓨터를 이용하여 원하는 단면으로 영상을 재구성하는 방법(영상재구성법, multiplanar reformatting)이 있다.

전자는 환자의 교합면을 지면에 수평하게 위

*이 논문은 1997년도 서울대학교병원 일반연구비(04-95-44) 지원에 의해 이루어진 것임.

접수일:1998년 1월 13일
채택일:1998년 1월 26일

치시키기 어렵고 악궁에 정확히 수직인 협설단면을 얻기 힘들다는 단점 때문에 주로 후자를 많이 이용한다. Schwarz 등^{15, 16)}은 영상재구성법이 임플란트를 위한 술전평가에 매우 우수한 방법이며 수술부위의 골단면과 그 내부의 중요 해부학적 구조물들을 잘 보여준다고 하였고, 최 등¹⁷⁾은 하악관의 위치와 하악관의 관찰 유무를 일반단층촬영법과 영상재구성법으로 비교분석한 결과 영상재구성법이 더욱 우수한 촬영법이라고 하였다. 또한 박 등¹⁸⁾은 영상재구성상을 얻는 과정에서의 부정확한 central panoramic curve는 협설단면의 폭경에 변화를 초래할 수 있다고 하였다.

일반적으로 영상재구성법을 위한 횡단면상을 촬영하고자 하는 악골의 교합면을 지면에 수직으로 하고 gantry각을 0°로 촬영하는 것이다. 그러나 하악을 지면에 수직으로 하는 자세는 환자에게 불편감을 주어 촬영하는 동안 그 각도를 계속 유지하기 힘들다. 따라서 이번 연구는 지면에 수직인 면에 대한 하악의 각도(이하 하악각이라 함)와 gantry각을 변화시켜 얻어진 재구성영상의 변화를 조사하여 전산화단층촬영시 응용할 수 있는 지를 알아보려고 시행되었다.

II. 연구재료 및 방법

잡종성견 5마리의 하악골의 하악 최후방구치로부터 전방으로 3개의 치아인접면을 선택하여 총 30면을 연구에 이용하였다. 하악을 레진에 포매한 후 레진의 상부와 하부를 하악의 교합면에 평행하도록 절삭하였다. 촬영시 하악을 수선

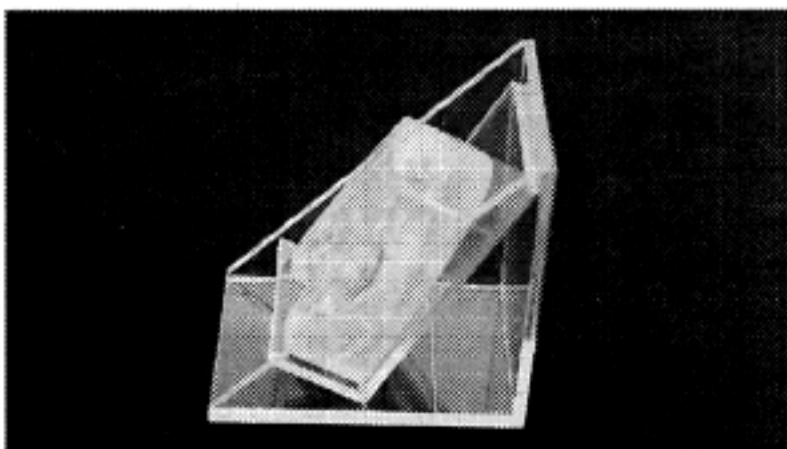
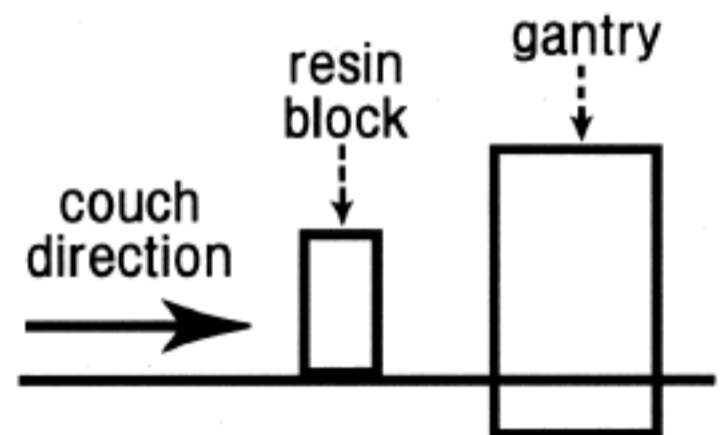


Fig. 1. Resin block embedding dog mandible and frame for angling the resin block

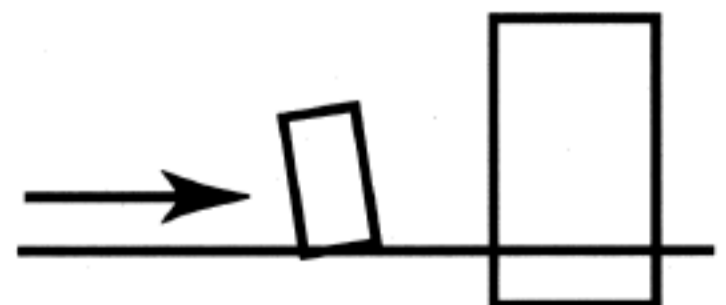
에 대해 0°, 15°, 30°로 변화시킬 수 있는 틀을 만들어 사용하였다(Fig. 1 참조).

촬영은 Picker사의 I.Q. 전산화단층촬영장치를 이용하였으며 촬영 조건은 80kVp, 20mA, sharpness 알고리즘, 단층두께 2mm, 단층간격 1mm이었다. 하악각 0°, gantry각 0°인 경우를 대조군으로 하였으며, 실험군은 하악각 15°, gantry각 0°(1군); 하악각 30°, gantry각 0°(2군); 하악각 15°, gantry각 15°(3군); 하악각 30°, gantry각 30°(4군)로 하여 촬영하였다(Fig. 2 참조). 이렇게 얻은 횡단면상을 색조준위(window level) 250, 색조폭(window width) 1500으로 한 후 임플란트를 위한 영상재구성 프로그램의 하나인 ToothPix program을 이용하여 파노라마 단면과 협설단면을 얻었다. 이 영상을 laser printer(M952 Laser Imager Plus)를 이용하여 14인치×17인치 필름(Medical Imaging Film, IR B Plus)에 인쇄한 후 현상(Durr Medicine 430 자동현상기)하였다.

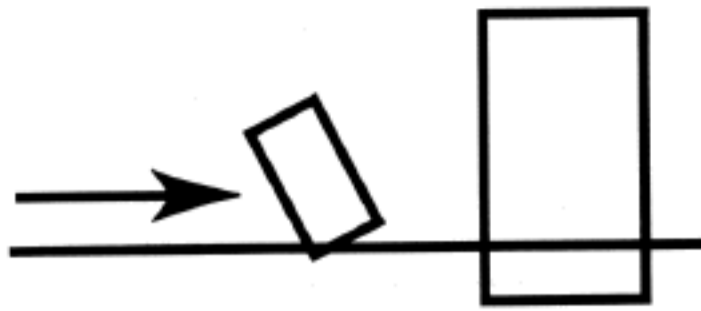
이렇게 하여 얻어진 총 150개의 협설단면상의 외형과 하악관을 구강악안면방사선학을 전공한



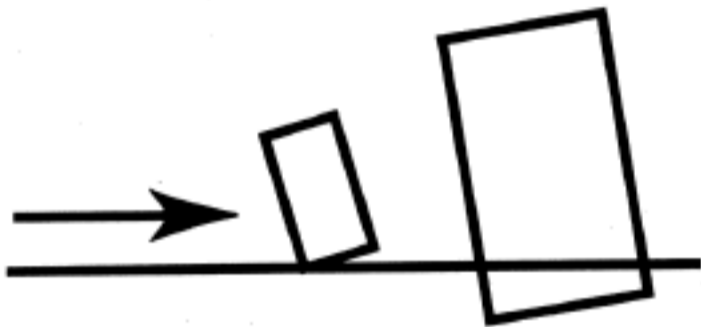
a. mandibular angle 0°,
gantry angle 0°(control group)



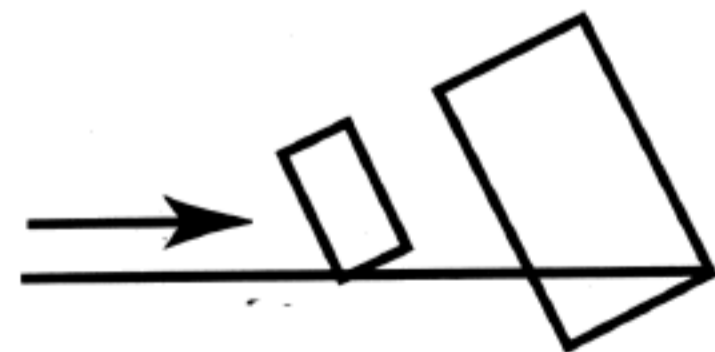
b. mandibular angle 15°,
gantry angle 0°(group 1)



c. mandibular angle 30°,
gantry angle 0°(group 2)



d. mandibular angle 15°,
angle 15°(group 3)



e. mandibular angle 30°,
gantry angle 30°(group 4)

Fig. 2. Schematic figure of each group

1인의 판독자가 묘사하였고 치조정-하악관간 거리, 협면-하악관간 거리(하악관의 중심 level에서 하악관의 협측점과 협측외형간의 거리), 설면-하악관간 거리(하악관의 중심 level에서 하악관의 설측점과 설측외형간의 거리)를 dial caliper로 0.1mm 단위로 계측(Mitutoyo, Japan)하였다(Fig. 3참조).

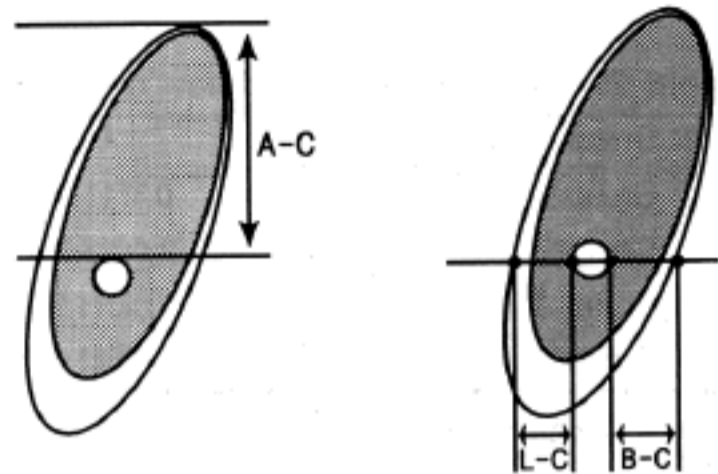


Fig. 3. Measurements of distances from mandibular canal to alveolar crest, buccal cortex, and lingual cortex
A-C:alveolar crest to mandibular canal
B-C:buccal cortex to mandibular canal
L-C:lingual cortex to mandibular canal

Ⅲ. 연구성적

치조정-하악관간 거리는 1군과 2군에서는 대조군보다 컸으며 3군과 4군에서는 대조군보다 작았다. 협면-하악관간 거리와 설면-하악관간 거리는 모두 실험군에서 대조군보다 작았다 (Table 1 참조).

대조군과 가장 작은 차이를 보이는 경우는 모든 계측부위에서 1군이었으며 가장 큰 차이를 보이는 것은 치조정-하악관간 거리에서는 2군, 협면-하악관간 거리와 설면-하악관간 거리에서는 4군이였다(Table 2와 Fig. 4참조).

대조군과의 오차가 1mm 이하인 것은 치조

Table 1. Average of three measurements(mm)

Group	A-C	B-C	L-C
Control group	11.96	2.73	2.75
Group 1	12.33	2.66	2.73
Group 2	12.96*	2.61	2.67
Group 3	11.56	2.63	2.70
Group 4	11.31*	2.54	2.66

* : statistically significant by paired t-test ($p < 0.05$)

Table 2. Mean deviation between control group and other groups(mm)

Group	A-C	B-C	L-C
Group 1	0.37(1.391)	-0.07(0.514)	-0.02(0.427)
Group 2	1.00(2.151)	-0.12(0.577)	-0.08(0.733)
Group 3	-0.40(1.292)	-0.10(0.443)	-0.05(0.362)
Group 4	-0.65(1.857)	-0.19(0.633)	-0.09(0.746)

() : standard deviation

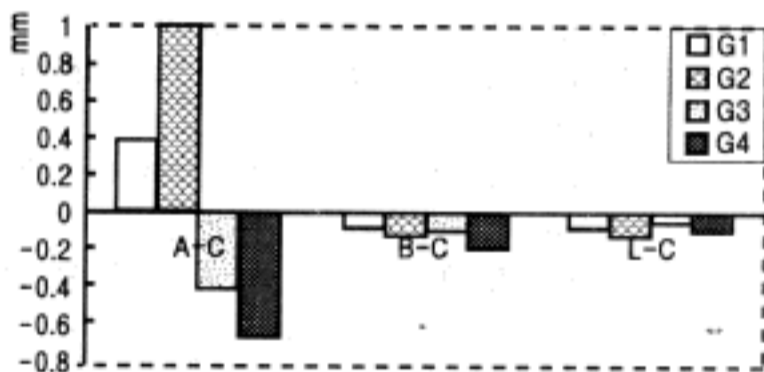


Fig. 4. Mean deviation between control group and other groups

정-하악관간 거리에서는 3군이 20개로 가장 많았으며 2군과 4군이 11개로 가장 적었고, 특히 2군에서는 오차가 4mm를 초과하는 것이 3개 관찰되었다(Table 3과 Fig. 5참조).

협면-하악관간 거리에서는 1군이 30개 모두에서 1mm 이하의 차이를 보였고 4군에서 26개로 가장 적었으며 2mm 이상의 차이를 보인 경우는 없었다(Table 4와 Fig. 6 참조).

설면-하악관간 거리에서는 1군이 30개 모두에서 1mm 이하의 차이를 보였고 2군에서 24개로 가장 적었으며 2mm 이상의 차이를 보인 경우도 4군에서 1개 있었다(Table 5와 Fig. 7 참조).

Table 3. Number of each absolute deviation value from control group between alveolar crest to mandibular canal

Deviation value	Group 1	Group 2	Group 3	Group 4
exact(diff ≤ 1mm)	17(56.7)	11(36.7)	20(66.7)	11(36.7)
1mm < diff ≤ 2mm	8(26.7)	9(30.0)	5(16.7)	10(33.3)
2mm < diff ≤ 3mm	4(13.3)	5(16.7)	4(13.3)	5(16.7)
3mm < diff ≤ 4mm	1(3.3)	2(6.7)	1(3.3)	4(13.3)
4mm < diff		3(10.0)		

() : percentage of cases

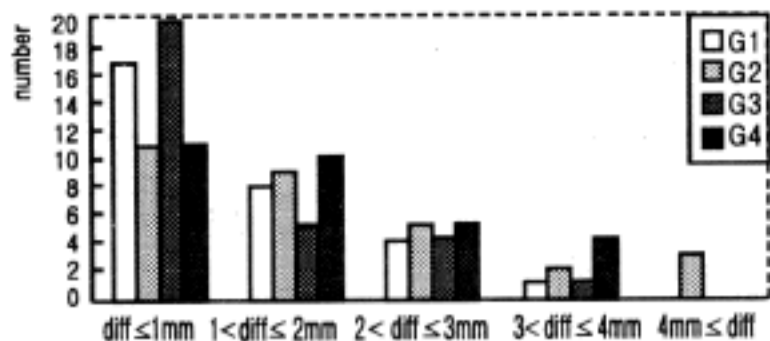


Fig. 5. Number of each absolute deviation value from control group between alveolar crest to mandibular canal

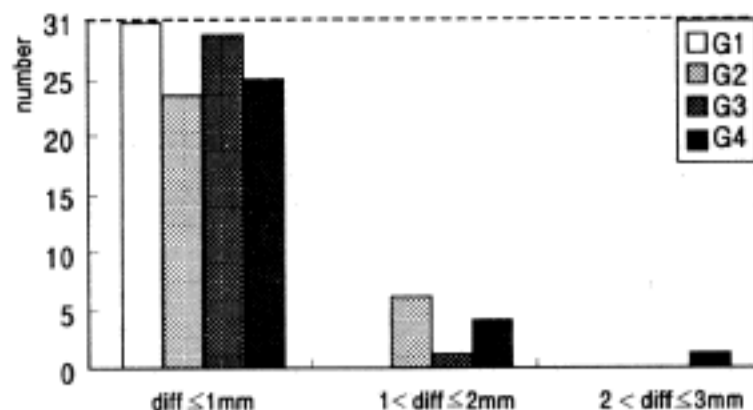


Fig. 7. Number of each absolute deviation value from control group between lingual cortex to mandibular canal

Table 4. Number of each absolute deviation value from control group between buccal cortex to mandibular canal

Deviation value	Group 1	Group 2	Group 3	Group 4
exact(diff ≤ 1mm)	30(100)	29(96.7)	29(96.7)	26(86.7)
1mm < diff ≤ 2mm		1(3.3)	1(3.3)	4(13.3)

() : percentage of cases

IV. 총괄 및 고안

1973년 전산화단층촬영법이 개발된 이래 복잡한 골 구조와 연조직의 관찰이 매우 용이해졌으나¹⁹⁾ 두경부에서는 해부학적 제한 때문에 직접적인 촬영이 횡단면과 관상면에 국한되며 시상면의 촬영은 매우 제한적이다. 그 후 컴퓨터의 발달로 원래의 주사면과 다른 방향에서 화소(pixel)의 열을 선택하여 재배열하는 방법도 도입되었다^{20, 21)}. 그러나 주사면 이외의 면에서 재구성된 이차원상은 해상력이 감소된다²¹⁾. 왜냐하면 주사면에 수직인 면은 단층의 두께 때문에 화소들을 그대로 보여주는 주사면에 평행인 단면에 비하여 넓은 영역에서 선감약계수를 갖기

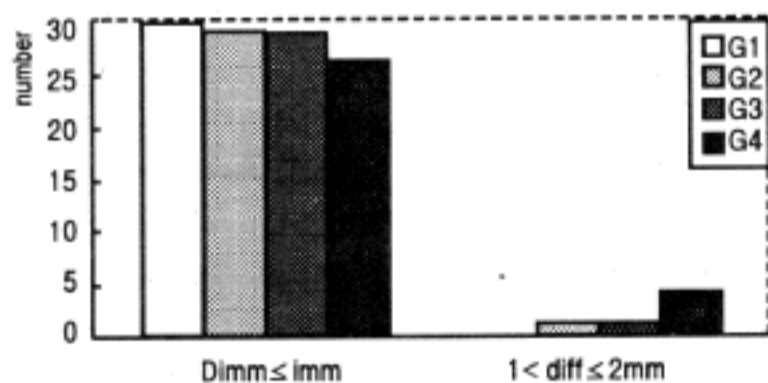


Fig. 6. Number of each absolute deviation value from control group between buccal cortex to mandibular canal

Table 5. Number of each absolute deviation value from control group between buccal cortex to mandibular canal

Deviation value	Group 1	Group 2	Group 3	Group 4
exact(diff ≤ 1mm)	30(100)	24(80.0)	29(96.7)	25(83.3)
1mm < diff ≤ 2mm		6(20.0)	1(3.3)	4(13.3)
2mm < diff ≤ 3mm				1(13.3)

() : percentage of cases

Table 6. Average of distances from alveolar crest to mandibular canal at each site of control group

Site	A-C	B-C	L-C
M2	13.27	2.96	2.88
M1	11.71	2.57	2.90
PM3	10.9	2.65	2.47

M2 : mesioproximal surface of 2nd molar

M1 : mesioproximal surface of 1st molar

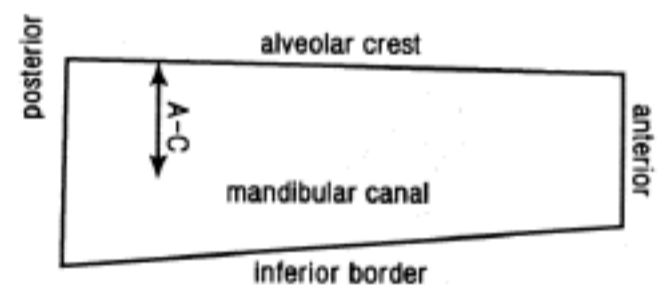
PM3 : mesioproximal surface of 3rd premolar

때문이다. 임플란트 매식전 정확한 진단을 위해서는 협설단면상이 필요하며 이러한 협설단면상은 그 해부학적 방향 때문에 주사면에 평행하게 직접 위치시켜 얻기는 힘들기 때문에 일반적으로는 횡단면영상을 얻은 후에 그것을 이용하여 영상을 재구성하여 상을 얻는다.

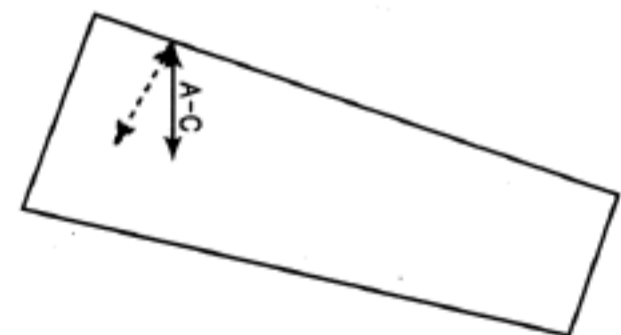
임플란트를 위한 하악의 전산화단층촬영시 일반적으로 하악의 교합면을 지면에 수직으로 해야 하나 편안히 누워있는 자세보다 더욱 하악을 쳐들어야 하기 때문에 환자가 이 자세를 총 촬영시간동안 유지하기가 힘든 경우가 많다. 이런 경우 환자는 촬영시간동안 서서히 하악을 아래로 내리거나 움직이게 되며 이러한 행동은 부정확한 상을 만들어 심한 경우에는 재촬영의 경우도 생기게 된다. 따라서 이번 실험은 미리 하악을 아래로 향하게 하여 촬영하였을 경우와 하악을 아래로 향하게 한 후 이를 보정하기 위해 gantry각을 변화시킨 경우에 어떤 결과가 나오는 지를 알아보는 것이었다.

이번 연구 결과에서 치조정-하악관간 거리는 하악각을 증가시킨 경우라도 gantry각이 0°이면 대조군보다 증가하였으나 그 밖의 경우와 협면-하악관간 거리, 설면-하악관간 거리는 모든 실험군에서 대조군에 비해 감소하였다. Gantry각이 0°인 실험군에서 거리가 증가한 이유는 하악을 기울여 촬영하여 대조군에 비해 기울어진 거리를 측정하기 때문으로 생각되며 따라서 각이 클수록 더욱 큰 차이를 보이는 것은 당연하리라 생각된다. 또한 gantry각을 하악각에 맞추어 보정하였을 경우에는 영상재구성한 panoramic cut에서 하악이 하후방으로 변형되어 대조군에 비하여 전방의 하악관이 관찰되며 이번 실험결

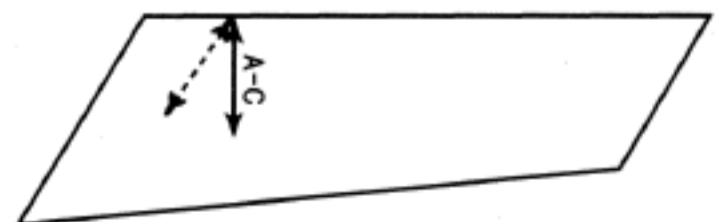
과 하악관은 전방으로 갈수록 치조정-하악관간 거리가 짧았으므로 대조군에 비하여 그 거리가 짧게 나타나는 것으로 생각된다(Table 6과 Fig. 8참조). 그리고 모든 실험군에서 협면-하악관간 거리, 설면-하악관간 거리가 감소한 것은 그 거리가 전방부로 갈수록 좁아지고(전방부로 갈수록 넓어진 부위도 있었으나 좁아진 폭이 더욱 컸다. Table 6참조) 대조군에 비하여 하악관의 전방부를 보여주는 것과 연관되리라 생각된다.



a. control group



b. group 1, 2



c. group 3, 4

Fig. 8. Schematic figure of the length from alveolar crest to mandibular canal

3가지 측정 항목 중 대조군과 가장 큰 차이를 보인 경우는 치조정-하악관간 거리였으며 특히 gantry각을 보정하지 않고 하악각만 30°로 증가시켰을 경우에 평균 1mm로 크게 차이가 있었다. 또한 하악각 30°, gantry각 30°인 경우에도 0.65mm의 차이를 보였으며 이 두 경우 모두 대조군과 통계적으로 유의하였다($p < 0.05$). 그러나 협면-하악관간 거리와 설면-하악관간 거리는 모든 군에서 대조군과 큰 차이가 없이 모두 0.2mm 이내의 차이를 보였다. 따라서 전반적으로 하악각과 gantry각은 수평거리 측정정보다는 수직거리 측정에 보다 큰 영향을 미치며 실제 임플란트 매식시 수평거리보다는 수직거리가 더욱 중요한 경우가 많으므로 하악각과 gantry각을 쉽게 변화시킬 수는 없을 것으로 생각되며 꼭 변화시켜야 할 경우에도 가능하면 작게, 또 하악각 변화만큼 gantry각을 보정시켜 주면 오차를 좀 더 줄일 수 있을 것으로 생각된다. 특히 gantry각을 보정하지 않은 경우에는 하악각에 관계없이 거리가 증가되어 나타나므로 실제 필요한 길이의 매식체보다 긴 것을 사용할 수 있는 위험성이 있으므로 더욱 gantry각 보정을 해주어야 한다.

임플란트 매식의 경우 하악관과 치조정간 거리나 하악의 폭 등의 측정오차를 1mm 이하로 인정하고 있으며 이번 연구에서 측정오차가 1mm 이하인 경우를 분석한 결과 치조정-하악관간 거리 측정에서는 gantry각 보정 여부와 관계없이 하악각이 작은 경우에 많았다. 또한 하악각이 작은 경우에 gantry각 보정을 한 경우가 안 한 경우보다 많았으나 하악각이 큰 경우에는 gantry각 보정에 관계없이 측정오차가 1mm 이하인 경우의 수는 11개(36.7%)로 작게 나타났다. 그러나 gantry각을 보정하지 않았을 경우에는 보정한 경우에 비해 측정오차가 더욱 커져 4mm 이상인 경우도 3개(10.0%) 있었다. 협면-하악관간 거리와 설면-하악관간 거리 측정에서는 모든 군에서 1mm 이하의 측정 오차를 보인 경우가 80% 이상이었으며 특히 하악각이 작은 경우에는 gantry각의 보정과 관계없이 대조군과 높은 일치율을 보였다. 즉 하악각과 gantry각은 수평거리 측정에 거의 영향을 미치지 않는 것으로 생각된다.

하악만을 경사시킨 경우인 1군과 2군의 경우 하악이 각각 15°, 30° 만큼 회전하였으므로 영상 재구성한 협설단면은 대조군의 협설단면에 비해 전방의 하악관을 보여 주었다. 또한 하악과 gantry를 같은 각도로 경사시킨 3군과 4군의 경우, 하악의 모양이 하후방으로 변형되었으며 따라서 영상재구성한 협설단면은 원래위치에 비해 전방의 하악관을 보여준다고 할 수 있다 (Fig. 8, 9참조).

이상의 결과에서 하악각과 gantry각은 임플란트를 위한 영상재구성에 많은 영향을 미치므로 가급적 환자의 교합면이 지면과 수직되게 위치시켜야 할 것으로 생각되며 환자 상태에 따라 부득이 하악각을 증가시켜야 할 경우라도 증가 정도를 최소로 하면서 그에 따라 gantry각을 보정해 주어야 할 것으로 생각된다.

V. 결 론

성견 5마리의 하악골을 레진에 포매한 후 전산화단층사진을 다음과 같은 조건에서 촬영하여 얻어진 협설단면상에서 치조정-하악관간 거리, 협면-하악관간 거리, 설면-하악관간 거리를 측정하여 비교하였다. 대조군은 하악각(하악의 교합면이 수선과 이루는 각) 0°, gantry각 0°로 하였으며 실험군은 각각 하악각 15°, gantry각 0°(1군):하악각 30°, gantry각 0°(2군):하악각 15°, gantry각 15°(3군):하악각 30°, gantry각 30°(4군)로 하였다. 얻어진 결과는 아래와 같다.

1. 치조정-하악관간 거리는 1군과 2군에서는 대조군보다 컸으며 3군과 4군에서는 대조군보다 작았다. 협면-하악관간 거리와 설면-하악관간 거리는 모든 실험군에서 대조군보다 작았다.
2. 대조군과 가장 큰 차이를 보인 측정 항목은 치조정-하악관간 거리였으며 특히 2군과 4군에서 가장 컸다($p < 0.05$).
3. 대조군과의 오차가 1mm 이하인 경우는 치조정-하악관간 거리에서는 3군이 20개로 가장 많았으며 2군과 4군에서 11개로 가장 적었다.
4. 협면-하악관간 거리와 설면-하악관간 거리

는 대부분의 경우에 대조군과의 오차가 크지 않았다.



Fig. 9 Panoramic cuts of multiplanar reformed images
 a. control group
 b. group 1
 c. group 2
 d. group 3
 e. group 4

REFERENCES

1. Goaz PW, White SC: Oral Radiology. 3rd ed Mosby pp 703-715, 1994.
2. Tolman DE, Laney WR: Tissue-integrated prostheses complications. *Int J Oral Maxillofac Implants* 7:477-484, 1992.
3. Miles DA, Van Dis ML: Implant Radiology. *Dent Clin North Am* 37:645-668, 1993.
4. Yanangisawa S, Sairenji E: The role of oral radiology in dental implants. *Proc 3rd ICMFR*, 97-104, 1974.
5. Strid KG: Ch 18. Radiographic procedures. In Branemark P-I, Zarb GA, Albrektsson T: *Tissue integrated prostheses*. Chicago, 317-327, 1985, Quintessence.
6. Petrikowski CG, Pharoah MJ, Schmitt A: Implants: Presurgical radiographic assessment. *Oral Health* 80:51-55, 1990.
7. Kassebaum DK, Nummikowski PV, Triplett RG, Langlais RP: Cross-sectional radiography for implant site assessment. *Oral Surg* 70:674-678, 1990.
8. Kassebaum DK, Stoller NH, Goshorn BI: Radiographic techniques for presurgical assessment of dental implant sites. *Gen Dent* Nov-Dec:502-505, 1992.
9. Pharoah MJ: Imaging techniques and their clinical significance. *Int J Prosthodont* 6:176-179, 1993.
10. Lindh C, Petersson A: Radiologic examination for location of the mandibular canal: A comparison between panoramic radiography and conventional tomography. *Int J Oral Maxillofac Implants* 4:249-253, 1989.
11. Silverstein LH, Melkonian RW, Kurtzman D, et al: Linear tomography in conjunction with pantomography in the assessment of dental implant recipient sites. *J Oral Implantol* 20:111-117, 1994.
12. Curry TS, Dowdey JE, Murry Jr RC: Christensen's physics of diagnostic radiology. 4th ed Lea & Febiger, pp 242-256, 1990.
13. Kassebaum D, McDowell J: Tomography. *Dent Clin North Am* 37:567-574, 1993.

14. Kassebaum D, Nummikoski P, Triplett R, Langlais R: Cross-sectional radiography for implant site assessment. *Oral Surg* 70:674-678, 1990
15. Schwarz MS, Rothman SLG, Chafetz N, Stauts B: Processings of the second international congress on tissue integration in oral, orthopedic, and maxillofacial reconstruction, Session II 68-79, Preoperative diagnostic radiology for the tissue-integrated prosthesis.
16. Schwarz MS, Rothman SLG, Chafetz N, Rhodes M: Computed tomography in dental implantation surgery. *Dent Clin North Am* 33:555-597, 1989.
17. 최항문, 유동수: 하악관 위치 분석시 일반단층사진과 전산화단층사진의 비교연구. *치과방사선* 25:535-544, 1995.
18. 박래정, 이삼선, 최순철, 박태원, 유동수: 임플란트 전산화단층촬영시 central panoramic curve의 변화가 악골의 영상재구성에 미치는 영향. *치과방사선* 28:인쇄중.
19. Donlon WC, Young P, Vassiliadis A: Three-dimensional computed tomography for maxillofacial surgery: Report of cases. *J Oral Maxillofac Surg* 46:142-147, 1988.
20. Maravilla KR: Computer reconstructed sagittal and coronal computed tomography head scans: Clinical applications. *J Comput Assist Tomogr* 2:189-198, 1978.
21. Osborn AG, Anderson RE: Direct sagittal computed tomographic scans of the face and paranasal sinuses. *Radiology* 129:81-87, 1978.

Accuracy of CT image in measuring the mandible for implant : Effect of mandibular position and gantry angle

Soon-Chul Choi, Hang-Moon Choi, Rae-Jeong Park, Sam-Sun Lee,
Tae-Won Park, Dong-Soo You

*Department of Oral and Maxillofacial Radiology & Dental Research Institute,
College of Dentistry, Seoul National University*

We used five adult dog mandibles embedded in resin block and six different cross-sectional planes for each mandible were chosen. According to the angle of mandibular occlusal plane to vertical plane (mandibular angle) and gantry angle of CT machine, we classified 4 experimental groups and 1 control group.

The control group images were taken at the mandibular angle 0° and gantry angle 0° . The experimental images were taken at the mandibular angle 15° and gantry angle 0° (group 1); 30° and 0° (group 2); 15° and 15° (group 3); 30° and 30° (group 4), respectively. Using the reformatted cross-sectional images, the distance from the mandibular canal to the alveolar crest and the distance from the mandibular canal to the buccal cortex and to the lingual cortex was measured and compared.

The obtained results were as follows:

1. The distance from the mandibular canal to the alveolar crest of group 1 and 2 was larger than control group, but the distance of group 3 and 4 was smaller. The distance from the mandibular canal to the buccal cortex and to the lingual cortex of all experimental groups was smaller than control group.
2. The distance from the mandibular canal to the alveolar crest showed the largest difference from control group in all experimental groups, especially in group 2 and 4 ($p < 0.05$).
3. In the distance from the mandibular canal to the alveolar crest, the number of deviation value under 1 mm was 20 in group 3 and was 11 in group 2 and 4, respectively.
4. The deviation value of the distance from the mandibular canal to the buccal cortex and to the lingual cortex was under 1 mm in most cases.