

임상에서 촬영되는 파노라마 방사선사진의 재현성 조사

부산대학교 치과대학 구강악안면방사선학교실
나경수

Reproducibility of panoramic radiography in patients

Kyung-Soo Nah

Department of Oral and Maxillofacial Radiology, College of Dentistry, Pusan National University

ABSTRACT

Purpose : To evaluate the magnification error percentage in repeatedly taken panoramic radiographs of same patient and machine.

Materials and Methods : 92 panoramic radiographs from 46 patients were traced and 30 horizontal and vertical measurements were made with digital sliding caliper. The results were compared with paired t-test.

Results : There was no statistically significant difference between the two measurements. The overall difference as percentage error was $6.19 \pm 5.60\%$. The largest error as $14.61 \pm 12.44\%$ was found at condylar height 1, and smallest as $1.86 \pm 1.61\%$ at mandibular height. Overall vertical error excluding condylar height 1 was $3.76 \pm 3.97\%$, and the horizontal error $6.88 \pm 5.92\%$.

Conclusion : Repeatedly taken panoramic radiographs of the same patient and machine was reliable since there was no significant percentage error difference but the percentage error ranged from $1.86 \pm 1.61\%$ to $14.61 \pm 12.44\%$ indicating the error depends on the measuring site. (*Korean J Oral Maxillofac Radiol* 2005; 35 : 115-9)

KEY WORDS : Diagnostic Imaging; Radiography, Panoramic; Radiographic Measurement

서 론

파노라마 방사선사진은 촬영이 쉽고 환자의 피폭 방사선량이 낮으므로 임상에서 널리 사용되고 있다. 그러나 파노라마 방사선사진상에서의 계측은 상당한 방법적인 오류를 포함하고 있다. 이론적으로 상층(focal trough)내의 영상은 변형이 없어서 수직과 수평면에서의 확대요소가 같다. 그러나 상층 밖에서는 필름의 속도와 필름 상에 투사되는 물체의 속도에 차이가 나기 때문에 영상이 변형되어서 나타난다.^{1,2} 따라서 수평거리는 특히 신뢰도가 낮는데 이는 물체깊이(object depth)의 차이에 따라 비선형변이(non-linear variation)가 발생하기 때문이다.^{1,3,4}

Rejebian⁵은 발치치아의 파노라마 방사선사진 영상을 조사하여 수평차원 평균 확대가 상악중절치 19%에서 제2대구치 55%까지 다양하였으며 수직차원에서는 하악소구치

23% 이하에서 상악소구치 30%까지 이었다고 하면서 특히 전치부에서는 상층에 대한 물체의 약간의 위치변화에도 확대의 큰 변이가 있기 때문에 파노라마 방사선사진에서 수평차원은 신뢰할 수 없다고 하였다. Amir 등⁶은 정중선을 가로지르는 수평거리는 45-85%까지의 확대를 보인다고 하였고, Larheim 등⁴은 건조두개골을 이용한 연구에서 수직확대가 약 18-21%에 이른다고 하였다. Gomez-Roman 등⁷은 건조두개골에 매식한 임플란트를 이용한 연구에서 수평확대율이 15-35%, 치근침 부위는 12-44%, 그리고 수직확대율은 21-29% 사이라고 하였다.

이러한 이유로 Ramstad 등,⁸ Turpp 등⁹ 및 Rutger 등¹⁰은 파노라마 방사선사진에서 정량적인 계측은 하지 말아야 한다고 제시하였다. 그러나 Amir 등⁶은 하악의 편측에만 속한 수평거리 계측치는 제조사가 제시한 확대지수 보다 낮은 확대율을 보인다고 하였고 Kjellberg 등¹¹은 같은 종류의 파노라마 촬영장치를 사용하는 것을 추천하였으며 Larheim 등,³ Larheim 등⁴ 및 Tronje¹는 촬영 시 환자의 두부가 정확하게 위치되거나 위치를 기록하여 재현성을 높인다면 수직 및 각도 계측은 받아들일 만하다고 하였다.

접수일 : 2005년 6월 21일; 심사일 : 2005년 6월 22일; 채택일 : 2005년 7월 29일
Correspondence to : Prof. Kyung-Soo Nah
Department of Oral and Maxillofacial Radiology, College of Dentistry, Pusan National University, 1-10 Amidong, Seuku, Pusan, 602-739, Korea
Tel) 82-51-240-7595, Fax) 82-51-245-8388, E-mail) ksnah@pusan.ac.kr

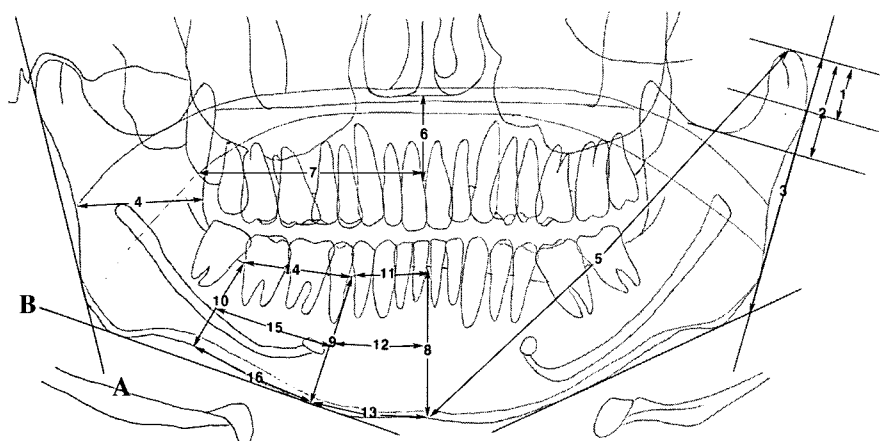


Fig. 1. The numbers on panoramic image indicate measurement sites. Each number has left and right counterparts except the midline structures (6 and 8) making 30 measurements in all.

비록 파노라마 방사선사진촬영이 만족할 만한 두부고정 장치가 없어서 방법적인 약점을 가지고 있지만 파노라마 방사선사진의 확대율 및 재현성 검사는 아주 중요하다 왜냐하면 치아길이,^{3,7,12,13} 치조골 높이,^{14,15} 하악골크기^{3,6,11,16,17} 나 병소크기의 계측¹⁸ 등에서 동일 환자에서 다른 시기에 촬영된 사진 간에 비교를 해야 할 경우가 종종 있기 때문이다.

본 연구에서 저자는 임상에서 두부위치 재현에 관한 노력 없이 동일 환자에서 반복 촬영된 파노라마 방사선사진을 조사하여 그 재현성 정도를 관찰함으로써 파노라마 영상의 확대율에서 반복촬영에 의한 오류가 어느 정도 포함될 수 있는지를 알고자 하였다.

재료 및 방법

연구재료로는 파노라마 방사선사진을 1년 내에 반복 촬영한 46명 환자(남성 25명, 여성 21명, 평균연령 39세)의 방사선사진 92매를 이용하였다. 성장 중인 소아, 악교정수술을 포함한 외과적 수술, 교정치료 등과 같이 기간 중 악골이나 치아의 형태변화가 있을 수 있었던 경우는 제외시켰다. 파노라마 촬영장치는 PM 2002 C (Planmeca Oy, Helsinki, Finland) 동일 기종을 사용하였다.

계측은 light box 위에서 각 파노라마 방사선 사진영상을 간접법으로 묘사지에 묘사한 후, 0.05 mm까지 측정가능한 a Digimatic Caliper (No.99MAD014M, Series No.500; Mitutoyo, Tokyo, Japan.)를 사용하여 Fig. 1과 같이 총 30항목의 수평 및 수직길이를 계측하였다.

총 30항목의 계측부위는 다음과 같이 설정하였다; 좌우(LR)측 모두에서, 하악과두와 하악각의 가장 풍용부를 연결하는 접선A와 하악하연과 하악각의 풍용부를 연결하는 접선B를 긋는다. 하악과두의 가장 상점에서 A에 수직선을 그은 후 만나는 점에서 과두의 풍용부까지의 거리를 과두높이 1 (condyle height 1, 계측항목 1L, 1R)로 정하였고

Table 1. Comparison of percent difference of measurement from repeated panoramic radiographs (%)

Measurement site	N	Average	SD	P
Condyle height 1 (1L, 1R)	92	14.61	12.44	0.438
Condyle height 2 (2L, 2R)	92	5.09	4.26	0.834
Mandible height (3L, 3R)	92	1.86	1.61	0.82
Ramus width (4L, 4R)	92	5.19	4.34	0.888
Diagonal line (5L, 5R)	90	3.57	2.79	0.925
Maxilla midline (6)	44	6.49	6.08	0.749
Maxilla width (7L, 7R)	88	5.83	5.48	0.876
Mandible midline (8)	45	2.43	2.22	0.714
Premolar height (9L, 9R)	90	3.34	5.52	0.675
Molar height (10L, 10R)	88	3.35	4.15	0.958
Premolar upper width (11L, 11R)	90	6.99	7.15	0.689
Premolar middle width (12L, 12R)	90	7.21	6.48	0.570
Premolar lower width (13L, 13R)	90	7.90	7.72	0.482
Molar upper width (14L, 14R)	88	7.66	5.64	0.549
Molar middle width (15L, 15R)	88	8.30	6.20	0.424
Molar lower width (16L, 16R)	88	9.29	7.50	0.446
Average total		6.19	5.60	

sigmoid notch의 최저점에서 A에 내린 수선까지의 거리를 과두높이 2 (condyle height 2, 2L, 2R)로 하였다. 과두정점 수선에서 접선 AB가 만나는 점까지의 거리를 하악높이 (mandible height, 3L, 3R)로 하였고 하악지의 가장 얇은 폭 부위를 하악지폭 (ramus width, 4L, 4R)으로 하였으며 과두 정점에서 하악하연의 정중점까지를 하악대각선 (diagonal line, 5L, 5R)으로 하였다. 상악정중부의 치조정에서 비강저까지의 거리를 상악정중부길이 (maxilla midline, 6), 상악정중부에서 상악결절까지의 거리를 상악폭 (maxilla width, 7L, 7R)으로 하였다. 하악정중부의 치조정에서 하악하연까지의 거리를 하악정중부길이 (mandible midline, 8), 제1, 2소구치 사이의 치조정에서 하악하연까지 내린 수선의 거리를 하악소구치부길이 (premolar height, 9L, 9R), 하악제2대구치 원심면에서 하악하연까지 내린 수선의 거리를 하악대구치부 길이 (molar height, 10L, 10R)로 하였다. 하악정중부에서 하

Table 2. Comparison of percent difference of bilateral measurement from repeated panoramic radiographs (%)

Measurement	N	Right side			Left side		
		Site	Average	SD	Site	Average	SD
Condyle height 1	46	1R	14.43	12.27	1L	14.80	12.73
Condyle height 2	46	2R	5.03	4.41	2L	5.14	4.15
Mandible height	46	3R	1.82	1.53	3L	1.91	1.69
Ramus width	46	4R	5.52	5.09	4L	4.85	3.46
Diagonal line	45	5R	4.37	3.22	5L	2.77	2.02
Maxilla width	44	7R	6.57	6.40	7L	5.09	4.31
Premolar height	45	9R	3.51	7.25	9L	3.17	2.90
Molar height	44	10R	5.00	5.23	10L	1.74	1.52
Premolar upper width	45	11R	10.38	8.31	11L	3.53	3.13
Premolar middle width	45	12R	9.70	7.40	12L	4.67	4.09
Premolar lower width	45	13R	10.22	8.89	13L	5.52	5.45
Molar upper width	44	14R	6.70	4.77	14L	8.59	6.29
Molar middle width	44	15R	7.55	5.90	15L	9.04	6.46
Molar lower width	44	16R	8.81	7.50	16L	9.76	7.55
Average total			7.11	6.30		5.76	4.70

Table 3. Average percent difference of vertical measurement from repeated panoramic radiographs (%)

Measurement site	N	Average	SD	Measurement site	Average	SD
Condyle height 1 (1L, 1R)	92	14.61	12.44	Condyle height 2 (2L, 2R)	5.09	4.29
Condyle height 2 (2L, 2R)	92	5.09	4.26	Mandible height (3L, 3R)	1.86	1.61
Mandible height (3L, 3R)	92	1.86	1.61	Mandible midline (8)	2.43	2.22
Mandible midline (8)	45	2.43	2.22	Maxilla midline (6)	6.49	6.08
Maxilla midline (6)	44	6.49	6.08	Premolar height (9L, 9R)	3.34	5.52
Premolar height (9L, 9R)	89	3.34	5.52	Molar height (10L, 10R)	3.35	4.15
Molar height (10L, 10R)	89	3.35	4.15	Average total	3.76	3.97
Average total		5.31	5.18			

악소구치부사이의 폭을 치조정부위 (premolar upper width, 11L, 11R), 중간부위 (premolar middle width, 12L, 12R), 하악 하연부위 (premolar lower width, 계측항목 13L, 13R)에서 계측하였고, 하악소구치부에서 하악대구치부사이의 폭을 치조정부위 (molar upper width, 계측항목 14L, 14R), 중간부위 (molar middle width, 계측항목 15L, 15R), 하악하연부위 (molar lower width, 계측항목 16L, 16R)에서 계측하였다. 해당 계측부위의 해부학적 구조가 없는 경우는 계측을 생략하였다.

데이터 분석은 SPSS v.12.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA) 로 paired t-test 실시하여 반복계측 간에 유의성 있는 차이가 있는지를 조사하였다.

결 과

반복촬영에 대한 계측치 (LR) 사이의 차이를 백분율로 계산한 결과는 Table 1과 같으며 두 계측사이에 통계적인 유의성은 없었다. 차이 백분율의 전체평균은 $6.19 \pm 5.60\%$ 이었으며 가장 차이가 많았던 항목은 과두높이 1 (1LR)로

Table 4. Average percent difference of horizontal measurement from repeated panoramic radiographs (%)

Measurement site	N	Average	SD
Ramus width (4L, 4R)	92	5.19	4.34
Diagonal line (5L, 5R)	90	3.57	2.79
Maxilla width (7L, 7R)	88	5.83	5.48
Premolar upper width (11L, 11R)	89	6.99	7.15
Premolar middle width (12L, 12R)	89	7.21	6.48
Premolar lower width (13L, 13R)	89	7.90	7.72
Molar upper width (14L, 14R)	89	7.66	5.64
Molar middle width (15L, 15R)	89	8.30	6.20
Molar lower width (16L, 16R)	89	9.29	7.50
Average total		6.88	5.92

서 $14.61 \pm 12.44\%$ 이었고 가장 차이가 적었던 항목은 하악 높이 (3LR)로서 $1.86 \pm 1.61\%$ 이었다. 과두높이 2 (2LR)의 차이백분율은 $5.09 \pm 4.26\%$ 로서 과두높이 1의 방법에 비해 적은 차이를 보여줌으로써 파노라마 방사선사진상에서 과두높이를 계측하는 데는 과두높이 2의 계측방법을 사용하는 것이 유리함을 보여주었다.

계측항목이 양측인 14부위 28경우의 차이 백분율에 대한 결과는 Table 2와 같았다. 좌측 계측에 대한 전체차이 평균은 $5.76 \pm 4.70\%$ 이었고 우측 계측에 대한 전체차이 평균은 $7.11 \pm 6.30\%$ 로서 좌측계측치가 우측에 비해 더 정확한 것을 보여 주었다.

수직계측항목의 전체평균(Table 3)은 과두높이 1을 포함하였을 경우는 $5.31 \pm 5.18\%$, 포함하지 않았을 경우는 $3.76 \pm 3.97\%$ 이었고, 수평계측항목의 전체평균(Table 4)은 $6.88 \pm 5.92\%$ 로서 수직계측보다는 오차가 많음을 보여주었다.

고 찰

본 연구의 결과에서 동일한 파노라마 촬영기의 반복촬영에 의한 오류는 전체항목 평균이 $6.19 \pm 5.60\%$ 의 차이를 보이는 것으로 나왔으나 통계적인 유의성이 없었으므로 특별한 두부위치 재현의 노력이 없이 촬영된 환자의 파노라마 방사선사진은 신뢰할 만한 범위 내에 있다는 것을 보여주었다. Larheim 등³은 digital display recording으로 환자의 두부위치 재현을 시도한 후에 Orthopantomograph 5 촬영기로 반복촬영 된 파노라마 방사선사진상에서 평가된 측정의 다양성(표준편차)은 환자군에서의 평균 방사선사진 치아길이의 2.4%에서 3.1% 범위였다고 하였고 또 다른 연구⁴에서 역시 같은 두부위치 재현성 기록을 한 후 Orthopantomograph 5로 촬영된 파노라마 방사선사진에서 9가지 하악골 변수(선과 각도)의 재현성 평가를 하여 수직과 각도변수에서는 수용할 만한 재현성을 보였고 방법적인 변수는 총변수의 3%이내였으며 수평변수는 확실히 덜 신뢰할 만 하였다고 하였다. 본 논문은 이들 결과보다 오류가 2배 이상 큰 것으로 나타났고 본 연구에서 수직계측항목의 전체평균(Table 3)은 과두높이 1을 포함하였을 경우는 $5.31 \pm 5.18\%$, 포함하지 않았을 경우는 $3.76 \pm 3.97\%$ 이었고, 수평계측항목의 전체평균(Table 4)은 $6.88 \pm 5.92\%$ 로서 수직계측보다는 오차가 많음을 보여주었다. 이러한 사실로 보아 파노라마 방사선사진촬영이라도 환자의 두부위치재현에 좀 더 신경을 쓴다면 반복 촬영에 의한 오류를 줄일 수 있다는 것을 알 수 있다. Schiff 등¹⁹은 기술적인 오류 보다 촬영 시의 환자위치 오류가 훨씬 크므로 한 사람의 숙련된 기사에 의하여 촬영된 필름은 오류의 확률이 훨씬 적다고 하였다. 이것은 파노라마 촬영 시 적절한 교육이 중요함을 보여준다.

Habets 등¹⁶은 인간하악골형태의 모형을 이용하여 중심위에서 10 mm 이내의 수평 변이를 주어 촬영한 파노라마 영상에서 하악과두의 수직확대율의 좌우차이는 6%이내 이었다고 하면서 파노라마 영상에서 관찰되는 과두비대칭 정도가 6%이내에서는 촬영오류에 의한 것일 수 있다고 하였다. 본 연구에서 계측항목이 양측인 14부위 28경우에서 좌측 계측에 대한 전체차이 평균은 $5.76 \pm 4.70\%$ 이었고

우측 계측에 대한 전체차이 평균은 $7.11 \pm 6.30\%$ 로서 좌우측 차이가 1.35% 정도임을 보여줌으로서 파노라마 영상의 좌우 확대율 차이 안에 반복촬영에 의한 오류가 이 정도 포함될 수 있음을 보여 주었다.

참 고 문 헌

1. Tronje G. Image distortion in rotational panoramic radiography: V. Object morphology; inner structures. Acta Radiol Diagn (Stockh) 1982; 23 : 59-62.
2. McDavid WD, Tronje G, Welander U, Morris CR, Nummikoski P. Imaging characteristics of seven panoramic x-ray units. Chapter 4. Horizontal and vertical magnification. Dentomaxillofac Radiol 1985; Suppl 8 : 29-34.
3. Larheim TA, Svanaes DB, Johannessen S. Reproducibility of radiographs with the Orthopantomograph 5: Tooth-length assesment. Oral Surg 1984; 58 : 736-41.
4. Larheim TA, Svanaes DB. Reproducibility of rotational panoramic radiography: mandibular linear dimensions and angles. Am J Orthod Dentofacial Orthop 1986; 90 : 45-51.
5. Rejebian GP. A statistical correlation of individual tooth size distortions on orthopantomographic radiography. Am J Orthod 1979; 75 : 525-34.
6. Amir C, Asja C, Melita V-P, Adnan C, Vjekoslav J, Muretic I. Evaluation of the precision of dimensional measurements of the mandible on panoramic radiographs. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 1998; 86 : 242-8.
7. Gomez-Roman G, Lukas D, Beniashvili R, Schulte W. Area-dependent enlargement ratios of panoramic tomography on orthograde patient positioning and its significance for implant dentistry. Int J Oral Maxillofac Implants 1999; 14 : 248-57.
8. Ramstad T, Hensten-Petersen O, Mohn E, Ibrahim SI. A methodological study of errors in vertical measurements of edentulous ridge height on orthopantomographic radiograms. J Oral Rehabil 1978; 5 : 403-12.
9. Turp JC, Vach W, Harbich K, Alt KW, Strub JR. Determining mandibular condyle and ramus height with the help of an orthopantomogram-a valid method? J Oral Rehabil 1996; 23 : 395-400.
10. Batenburg RHK, Stellingsma K, Raghoebar GM, Vissink A. Bone height measurements on panoramic radiographs. The effect of shape and position of edentulous mandibles. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 1997; 84 : 430-5.
11. Kjellberg H, Ekestubbe A, Kiliaridis S, Thilander B. Condylar height on panoramic radiographs. A methodologic study with a clinical application. Acta Odontol Scand 1994; 52 : 43-50.
12. Stramotas S, Geenty JP, Petocz P, Darendeliler MA. Accuracy of linear and angular measurements on panoramic radiographs taken at various positions in vitro. Eur J Orthod 2002; 24 : 43-52.
13. Yitschaky M, Haviv Y, Aframian DJ, Abed Y, Redlich M. Prediction of premolar tooth lengths based on their panoramic radiographic lengths. Dentomaxillofac Radiol 2004; 33 : 370-2.
14. Wilding RJ, Levin I, Pepper R. The use of panoramic radiographs to measure alveolar bone areas. J Oral Rehabil 1987; 14 : 557-67.
15. Xie Q, Wolf J, Ainamo A. Quantitative assessment of vertical heights of maxillary and mandibular bones in panoramic radiographs of elderly dentate and edentulous subjects. Acta Odontol Scand 1997; 55 : 155-61.
16. Habets LL, Bezuur JN, van Ooij CP, Hansson TL. The orthopan-

- tomogram, an aid in diagnosis of temporomandibular joint problems. I. The factor of vertical magnification. *J Oral Rehabil* 1987; 14 : 475-80.
17. Habets LL, Bezuur JN, Naeiji M, Hansson TL. The orthopantomogram, an aid in diagnosis of temporomandibular joint problems. II. The vertical symmetry. *J Oral Rehabil* 1988; 15 : 465-71.
18. Chuenchompoonut V, Ida M, Honda E, Kurabayashi T, Sasaki T. Accuracy of panoramic radiography in assessing the dimensions of radiolucent jaw lesions with distinct or indistinct borders. *Dentomaxillofac Radiol* 2003; 32 : 80-6.
19. Schiff T, D'Ambrosio J, Glass BJ, Langlais RP, McDavid WD. Common positioning and technical errors in panoramic radiography. *J Am Dent Assoc* 1986; 113 : 422-6.