

치아의 순(협)설 경사도 변화에 따라 파노라마 방사선 사진에 나타난 치아 길이 및 각도 변화

최갑림^a · 임성훈^b · 김광원^c · 김재덕^d

파노라마 방사선 사진은 치아 및 주위 조직에 대한 많은 정보를 제공해 주며 교정치료 동안에도 치근의 근원심 경사도나 길이 평가를 위해 흔히 이용되고 있지만 파노라마 방사선 사진에서 보이는 치아의 근원심 각도와 길이는 순(협)설 경사도에 의해 영향을 받는 것으로 알려져 있다. 따라서 본 연구에서는 치아의 근원심 경사도를 정상교합자의 평균 근원심 각도로 유지하면서 순(협)설 경사도만 변화시킬 때 파노라마 방사선 사진에서 각 치아의 근원심 경사도와 길이가 어떻게 변화되는지 알아보고자 하였다. 성인 정상 교합자 30명의 평균 악궁을 기초로 하여 아크릴 모델을 제작한 후 치아를 대신하는 와이어를 정상 근원심 및 순(협)설 경사도(1°)로 식립하고 여기에 순(협)설 경사도만 -15°에서 +15°까지 5°씩 변화시켜 파노라마 방사선 사진을 촬영한 후 방사선 사진에 나타난 와이어의 길이와 각도를 각각 측정하였다. 와이어를 정상 근원심 및 순(협)설 각도로 식립했을 때 방사선 사진에서 측정된 길이는 중절치, 측절치, 견치의 경우 실제 길이의 111% ~ 117%의 확대율을 보였고, 소구치와 대구치에서는 121% ~ 125%의 확대율을 보였다. 이 때 근원심 경사도는 그대로 유지하면서 순(협)설 경사도만 -15°(순측경사)에서 +15°(설측경사)로 변화시킨 경우 중절치 ($p < 0.01$)와 측절치 ($p < 0.05$)에서만 유의한 확대율 증가를 보였다. 파노라마 방사선 사진에서 치아의 경사도는 대부분 실제 근원심 경사도보다 더 크게 즉 원심경사된 것으로 측정되었고, 이러한 원심경사 경향은 측절치와 견치에서 가장 크게 나타났으며, 제1, 2소구치의 +10°, +15° 그룹과 제1, 2대구치의 +15° 그룹에서만 실제 근원심 각도보다 더 작게, 즉 근심 경사된 것으로 측정되었다. 또한 순(협)설 경사도의 변화에 따라 파노라마 방사선 사진에서 모든 치아의 근원심 각도가 유의한 변화를 보였는데, 순(협)설 경사도가 작아질수록, 즉 순(협)측 경사될수록 파노라마 방사선 사진에서 더 원심경사되어 나타났다. 따라서 파노라마 방사선 사진에서 중절치와 측절치의 치아 길이와 모든 치아의 근원심 경사도를 평가할 때 치아의 순(협)설 경사도에 따라 영향을 받기 때문에 이를 고려해야 할 것이다. (대치교정지 2007;37(2):114-24)

주요 단어: 파노라마 방사선사진, 근원심경사도, 순(협)설경사도, 치아 길이

서론

파노라마 방사선 사진은 1922년 의학분야에서 단층 촬영술로 발달하기 시작하여 1948년 Paatero¹에 의해 치과에 처음 소개되었다. 오늘날 치의학 분야

에서 파노라마 방사선 사진은 치아 및 치아 주위 조직의 전반적인 평가뿐만 아니라, 상,하악골의 광범위한 병소, 외상에 의한 악안면 골절, 상악동 및 측두하악관절에 대한 평가에 이르기까지 광범위한 정보를 제공하며 환자의 상담과 교육에 있어 시각적인 보조 수단으로 이용되고 있다. 또한 파노라마 방사선 사진은 교정치료 시 필수적으로 촬영되는 방사선 사진 중 하나로 초진 검사에서 위와 같은 전반적인 정보를 제공할 뿐만 아니라 치료과정 동안에도 치아의 근원심 경사도나 치근길이 등을 평가하는데 도움을 준다.

이상적인 치아 경사도는 교합력을 악골내에 적절히 분산시키며 교정치료 후 안정성에도 영향을 미친

^a전공의, ^b조교수, ^c교수, 조선대학교 치과대학 교정학교실.

^d교수, 조선대학교 치과대학 구강악안면 방사선학교실.

교신저자: 김광원.

광주광역시 동구 서석동 375 조선대학교 치과대학 교정학교실.

062-220-3875; e-mail, kwkim@chosun.ac.kr.

원고접수일: 2005년 9월 30일 / 원고최종수정일: 2006년 9월 7일 /

원고재택일: 2006년 9월 9일.

*이 논문은 2005년도 재단법인 조선대학교 치과대학교육문화재단 학술연구기금의 지원을 받아 연구되었음.

다.^{2,3} 바람직한 치아 경사도는 흔히 교정학에서 치근 평행으로 언급되었으며, Jarabak과 Fizzell⁴은 발치 부위에서 치근평행이 이루어지지 않으면 발치 부위가 다시 벌어지려는 경향을 갖는다고 하였다. 미국 교정 전문의 (American Board of Orthodontics, ABO) 시험 중 치료 증례의 질 평가 방법인 objective grading system에서도 치근 경사도를 평가하기 위해 파노라마 방사선 사진을 이용하였고 이때 파노라마 방사선 사진에서 치근이 교합평면에 대해 수직에 가까운 적절한 경사를 가지면서 인접한 치근과 서로 평행해야 한다고 하였다.⁵ 따라서 이러한 치근평행을 이루기 위해서는 치료 전 치아의 근원심 경사도를 정확히 평가하여 이를 바탕으로 근원심 각도를 수정해 나가야 할 것이며, 이 때 파노라마 방사선 사진이 모든 치아의 근원심 경사도를 한눈에 파악하는데 도움을 줄 것이다. 그러나 파노라마 방사선 기계는 구강 및 주위 조직을 하나의 연속된 상으로 형성하기 위해 다른 방사선 사진과는 달리 필름과 X선이 회전운동하여 이미지를 형성한다는 특징이 있으며 이로 인해 파노라마 방사선 사진 특유의 이미지 왜곡이 발생하게 된다. 파노라마 방사선 사진이 실제 치근의 경사도나 길이를 정확히 나타내 주는가에 대해서는 아직도 논란이 되고 있다. Graber⁶, Mayoral³, Hauck⁷, Tronje 등⁸은 파노라마 방사선 사진이 치근 평행을 평가하는데 유용하다고 하였고, Phillip과 Hurst⁹, Lucchesi 등¹⁰, Samfors와 Welander¹¹는 파노라마 방사선 사진에서 측정된 치아 경사도가 실제 치아 경사도와 차이가 크기 때문에 유용하지 않다고 주장하였다. Lucchesi 등¹⁰은 아크릴 모델에 1cm 간격으로 홈을 뚫어, 견치에서 대구치에 해당하는 부위에 와이어를 식립하여 근원심 및 협설 경사도의 변화에 따라 파노라마 방사선 사진에서 와이어의 각도가 어떻게 달라지는지 평가하였다. 이때 설측경사를 0°로 하고 근원심 경사도만 바꾼 경우보다 그 반대의 경우에서 파노라마 방사선 사진에서 측정된 각도가 실제 각도와 더 큰 차이를 보인다고 하였다. Mckee 등¹²은 치과용 치아모형(tyodont)을 이용하여 4종의 파노라마 기계들의 근원심 경사도의 정확도를 비교하였다. 그 결과 74% 정도에서 실제 근원심 각도와 차이가 있었고, 4종의 기계 모두에서 상악 중절치 및 측절치는 실제보다 더 작게, 견치, 소구치 및 제1대구치는 실제보다 더 크게 측정되었고 견치와 제1소구치 치근이 이루는 각이 실제 각도와 가장 큰 차이를 보였다고 하였다.

교정치료가 치근흡수에 영향을 미치는지는 아직 명확히 규명되지 않았지만 치아의 이동형태, 치료 기간, 치근의 형태, 과거 외상병력 등이 유발요인¹³이 될 수 있기 때문에 파노라마 방사선 사진을 이용한 치아 길이의 주기적인 평가가 필요하다. 그러나 치아가 이차원의 필름에 투사될 때 초점-치아-필름 간의 거리 때문에 실제 길이보다 더 확대되어 나타나며 치아가 삼차원 공간상에 어떠한 각도로 존재하느냐에 따라서도 그 길이가 달라질 수 있다. 치아길이 평가에 관하여, Rejebian¹⁴은 파노라마 방사선 사진의 수직적 확대율에 영향을 주는 인자는 적으며, Tronje 등¹⁵은 수직적 확대율이 10%를 초과하지 않는다고 하였다. 하지만 Wyatt 등¹⁶은 아크릴 모델을 이용한 실험에서 수직적 확대율이 17.5%에서 32%로 다양하다고 보고하였다. Sameshima와 Asgarifar¹⁷는 파노라마 방사선 사진에서 수직적 확대율이 다양하기 때문에 치근 흡수를 평가하는데 치근단 평행 촬영법이 더 유용하다고 하였다.

교정치료 동안 치아의 순(협)설 경사도는 쉽게 변화될 수 있으며 이렇게 변화된 순(협)설 경사도는 파노라마 방사선 사진에서 치아길이와 근원심 각도에 영향을 주어 술자를 혼란스럽게 만들 수 있다. 따라서 본 연구에서는 치아의 근원심 경사도를 정상각도로 유지하면서 순(협)설 경사도만 변화시킬 때 파노라마 방사선 사진에서 치아의 근원심 경사도와 길이가 어떻게 변화되는지 알아보고자 하였다.

연구방법

아크릴 모델 제작

개개 치아를 대신하는 와이어를 식립하기 위해 아크릴 모델을 다음과 같은 방법으로 제작하였고 본 연구에서는 상악만 제작하였다.

성인 정상 교합자 30명의 인상을 채득하여 모델을 제작한 후 디지털 카메라를 스탠드에 고정하고 모델을 모델 홀더 위에 위치시켜 상악 교합평면이 바닥과 평행하게 조정된 후 눈금자와 함께 촬영하였다. 상의 손실을 최대한 막기 위해 TIFF 형식의 파일로 저장하고 함께 찍은 눈금자를 이용하여 포토샵에서 1:1 이미지를 얻었다. 교합면 상에서 각 치아의 중심에 해당하는 좌표값을 얻기 위해 전치부는 절단면 중심과 가장 설측에 위치한 점 그리고 근, 원심점 등 네 개의 점을, 소구치는 협, 설측 교두정과 근, 원심

Table 1. X, Y mean values (mm) of each tooth center of upper teeth for normal occlusion in adults

	Central incisor	Lateral incisor	Canine	First Premolar	Second Premolar	First molar	Second molar
x axis	+/-4.2	+/-11.3	+/-16.7	+/-20.7	+/-23.6	+/-25.3	+/-27.3
y axis	-2.1	-4.8	-9.8	-16.3	-23.1	-32.2	-40.8

Plus (+) sign in x axis, left teeth of upper dentition; minus (-) sign in y axis, right teeth of upper dentition.

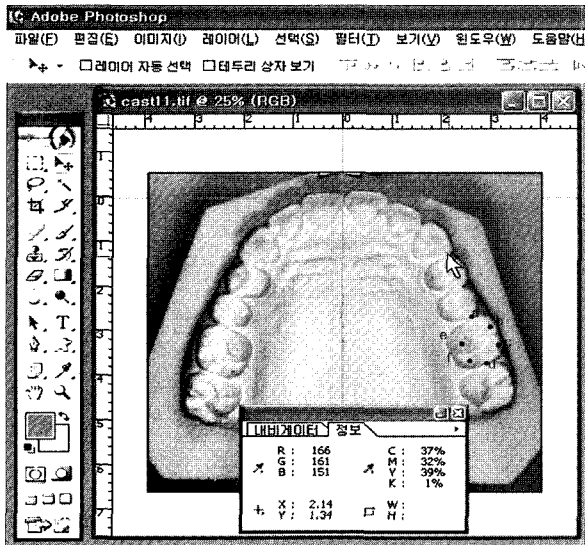


Fig 1. Center positions of each tooth constructed through an x-y axis. Y axis passes through the midpalatal suture, and x axis passes through the contact point between the right and left central incisors and is vertical to the y axis. Mesial and distal contact points and all cusp tips of each tooth are selected in Adobe photoshop. The center of these points gives the tooth center. a, mesial contact point; b, mesiobuccal cusp tip; c, distobuccal cusp tip; d, distal contact point, e, mesiolingual cusp tip; f, distolingual cusp tip.

점등 네 개의 점을, 대구치는 근심협측 교두정과 근심설측 교두정, 원심협측 교두정과 원심설측 교두정 그리고 근, 원심점등 여섯 개의 점을 포토샵의 정보를 이용하여 x축, y축 좌표값을 얻었다 (Fig 1). 그리고 Excel program(Microsoft, Redmond, WA, USA)을 이용하여 각 치아에서 얻은 x축, y축 좌표값들의 합과 평균으로 해당 치아의 중심 좌표를 얻었다 (Table 1).

7.0 mm 두께의 아크릴 판에 각 치아의 중심 좌표를 표시하고 치아를 대신하는 와이어를 식립하기 위

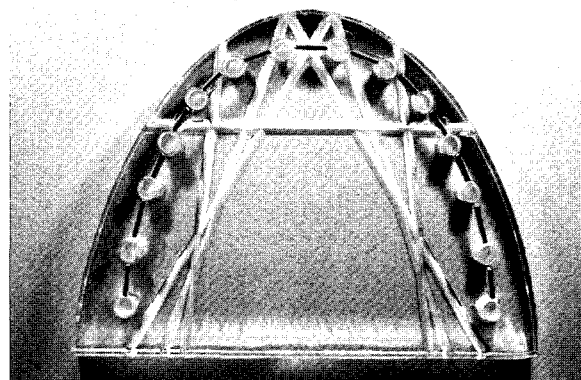


Fig 2. Acrylic model. The holes of 2.0 mm diameter were made in the center position of each tooth and were connected by .016" × .022" SS wire.

해 직경 2.0 mm의 홀을 아크릴 판의 상면에서 하면 까지 완전히 개통되도록 형성하고 아크릴 판이 악궁의 형태가 되도록 홀에서 약간의 여유를 두고 절단하였다. 방사선 사진에서 각도 측정을 위한 기준선을 마련하기 위해 홀과 홀 사이에 .016" × .022" 스테인리스강 와이어를 부착하였다 (Fig 2).

개개 치아를 나타내기 위한 와이어의 준비

와이어는 0.8 mm 직경의 ball clasp용 기성품 와이어를 이용하였고, 와이어의 길이는 Cohen과 Burns¹⁸가 제시한 각 치아의 평균 길이로 하였다.

와이어의 식립 각도는 Ash¹⁹가 제시한 정상 근원심 및 순(협)설 각도를 기준으로 하였다 (Table 2). 여기에 순(협)설 경사도(inclination, I)만 ±5°, ±10°, ±15°로 변화시켜 와이어를 식립한 후 파노라마 방사선 사진을 각각 촬영하였다. 삼차원 공간에 정확한 각도로 와이어를 식립하기 위해 필요한 근원심 및 순(협)설 각도는 모두 아크릴 블록으로 제작하였고 (Fig 3), 제작된 아크릴 블록의 각도는 ±0.3°의 오차

Table 2. Mean values of mesiodistal angulation and buccolingual inclination in normal occlusion¹⁹

	Central incisor	Lateral incisor	Canine	First premolar	Second premolar	First molar	Second molar
A (°)	88	83	73	81	85	80	82
I (°)	62	64	74	85	84	82	80

A, mesiodistal angulation; I, buccolingual inclination.



Fig 3. Acrylic blocks. In order to locate the wire with an accurate angulation in three dimensional space, acrylic blocks are fabricated.

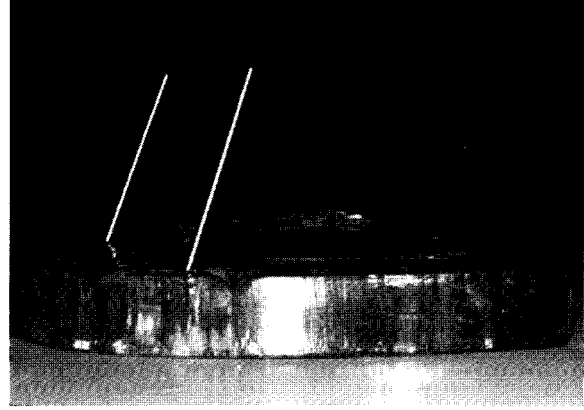


Fig 4. Wires are fixed by utility and sticky wax in the hole on the acrylic model.

를 가졌다. 아크릴 블록을 정확하게 위치시키기 위해 각 홀마다 가이드 선을 표시하였고 해당 홀의 가이드 선은 인접 홀을 잇는 선에 대한 수선으로 하였다. 홀에 유틸리티 왁스를 삽입하고 가이드 선에 따라 아크릴 블록을 위치시킨 후 와이어를 식립하고 sticky wax로 고정하였다 (Fig 4).

파노라마 방사선 사진촬영

아크릴 모델이 항상 같은 위치에서 촬영되도록 하기 위해 방사선 촬영기의 턱 받침대를 인상 채득하여 위치기를 제작하였다. 아크릴 모델은 위치기와 함께 항상 같은 위치에 고정되어 촬영되었고 아크릴 모델과 위치기가 파노라마 기계 위에서 0°로 평형을 이루는지 디지털 각도기로 확인하였다. 파노라마 기계의 가이드 빔을 이용하여 아크릴 모델이 상층 내에서 항상 동일한 위치에서 촬영될 수 있도록 하였다. 파노라마 기계는 PM 2002 EC Proline (Planmeca, Helsinki, Finland)를 이용하였고 촬영조건은 60 KVp, 4 mA, 18초였다. 가장 낮은 노출의 촬영조건에서도

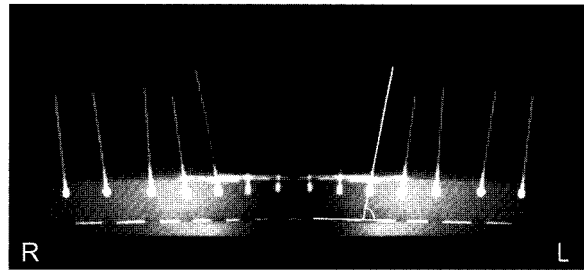


Fig 5. Panoramic radiograph with normal angulation and inclination. The angulation between the wire axis and guide wire of .016" × .022" SS was measured in the distal side.

방사선 이미지가 과노출 현상을 보여 슬릿에 납박 두 장을 덧붙였다.

파노라마 방사선 이미지 계측

와이어 길이는 양쪽 끝의 직선거리로 재고, 각도는 측정하고자 하는 와이어의 장축과 인접한 .016" × .022" 가이드 와이어를 잇는 선을 그어 이 두 선이 이루는 각을 원심쪽에서 각각 두 번씩 측정하였다 (Fig 5).

Table 3. Linear magnification of wires measured in panoramic radiographs according to inclination change

	Central incisor		Lateral incisor		Canine	
	Mean ± SD (%)	F	Mean ± SD (%)	F	Mean ± SD (%)	F
I-15°	94.2 ± 0.0		98.2 ± 0.2		106.4 ± 0.0	
I-10°	103.0 ± 0.0		104.5 ± 0.0		113.6 ± 0.0	
I-5°	107.3 ± 0.3		109.5 ± 0.0		114.9 ± 2.4	
I°	111.3 ± 0.3	33.30 [†]	113.2 ± 0.6	9.51 [*]	117.4 ± 0.5	8.10
I+5°	115.3 ± 0.3		117.0 ± 1.6		119.8 ± 0.3	
I+10°	118.9 ± 0.3		118.9 ± 0.3		120.6 ± 0.3	
I+15°	118.2 ± 0.6		118.6 ± 0.6		118.9 ± 1.1	

	First premolar		Second premolar		First molar		Second molar	
	Mean ± SD (%)	F	Mean ± SD (%)	F	Mean ± SD (%)	F	Mean ± SD (%)	F
	117.7 ± 0.3		120.5 ± 0.7		119.7 ± 0.7		119.0 ± 0.0	
	121.8 ± 0.0		121.9 ± 0.0		121.6 ± 0.0		121.8 ± 0.4	
	122.1 ± 0.3		123.5 ± 1.6		124.5 ± 0.0		125.0 ± 0.0	
	121.4 ± 0.0	1.39	122.6 ± 1.0	3.41	123.8 ± 0.3	1.03	125.0 ± 0.0	2.27
	122.1 ± 0.3		122.6 ± 0.3		124.8 ± 0.3		125.8 ± 0.4	
	121.4 ± 0.0		122.3 ± 0.0		124.0 ± 0.7		125.3 ± 0.4	
	118.4 ± 0.7		119.8 ± 1.0		121.4 ± 0.3		122.3 ± 1.1	

* $p < 0.05$; [†] $p < 0.01$; [‡] $p < 0.001$; SD, standard deviation; I, normal inclination.

Wire linear magnification (%) = (actual wire length / wire length measured in the panoramic radiograph) × 100.

계측의 신뢰도 검사 및 통계처리

계측치 측정에 대한 신뢰도를 평가하기 위해 전체 표본에 대해 반복 계측한 계측치를 Dahlberg's formula에 대입하여 각 계측 항목들에 대한 오차를 구하였다.

$$e = \sqrt{\sum d^2 / 2N}$$

(d : 계측치 간의 차이, N : 두 번 계측한 표본 수)

이 식에 따라 계산한 결과 선 계측 항목에서는 0.52 mm, 각도 계측 항목에서는 0.47°의 오차를 보였다.

각 조건마다 세 번씩 와이어를 식립하여 얻은 세 장의 파노라마 사진에서 양쪽 동명 치아의 데이터를 각각 포함시켜 총 여섯 개의 데이터를 얻었으며 각각의 평균과 분산을 구하였다. 순(협)설 경사도에 따라 파노라마 방사선 사진에서 나타나는 근원심 각도와 길이가 유의하게 달라지는지 알아보기 위해 one-way ANOVA를 시행하였고 통계분석은 SPSS

Ver 10.0 (SPSS, Chicago, IL, USA) 프로그램을 이용하였다.

연구성적

와이어 길이 변화

정상 근원심 및 순(협)설 각도(1°)로 식립하여 촬영한 방사선 사진에서 계측된 길이는 중절치, 측절치, 견치의 경우 실제 길이의 111% ~ 117%의 확대율을 보였고, 소구치, 대구치에서는 121% ~ 125%의 확대율을 보였다. 여기서 근원심 경사도는 그대로 유지하면서 순(협)설 경사도를 I-15°(순측경사)에서 I+15°(설측경사)로 변화시킬 때 중절치와 측절치에서 유의한 확대율 변화를 보였다. 중절치와 측절치를 제외한 나머지 치아들은 순(협)설 경사도 변화에 따라 길이 변화를 보였지만 통계학적 유의성은 없었다 (Table 3).

Table 4. Angulation measured on panoramic radiograph of a model with normal angulation and inclination

	Central incisor	Lateral incisor	Canine	First premolar	Second premolar	First molar	Second molar
Angulation on panoramic radiograph (°)	91.6	88.5	79.0	84.4	87.5	83.8	85.5
Normal angulation (°)	88.0	83.0	73.0	81.0	85.0	80.0	82.0
Normal inclination (°)	62.0	64.0	74.0	85.0	84.0	82.0	80.0

Table 5. Angulation of wire measured on panoramic radiograph according to inclination change

	Central incisor		Lateral incisor		Canine	
	Mean ± SD (°)	F	Mean ± SD (°)	F	Mean ± SD (°)	F
I-15°	93.6 ± 0.8		94.8 ± 1.2		83.2 ± 2.1	
I-10°	91.2 ± 1.1		92.1 ± 0.4		81.6 ± 0.6	
I-5°	91.0 ± 1.1		89.7 ± 0.8		79.8 ± 0.7	
I°	91.6 ± 1.3	3.67*	88.5 ± 0.3	15.33†	79.0 ± 0.9	14.48‡
I+5°	91.1 ± 0.4		88.2 ± 0.4		78.4 ± 0.6	
I+10°	89.8 ± 0.3		86.9 ± 0.6		76.7 ± 0.7	
I+15°	89.6 ± 0.4		86.6 ± 0.5		76.3 ± 1.0	

	First premolar		Second premolar		First molar		Second molar	
	Mean ± SD (°)	F	Mean ± SD (°)	F	Mean ± SD (°)	F	Mean ± SD (°)	F
	88.8 ± 1.6		93.1 ± 0.6		89.1 ± 0.7		90.8 ± 0.7	
	87.3 ± 0.3		90.8 ± 0.2		87.1 ± 0.2		88.8 ± 0.3	
	85.0 ± 0.3		89.3 ± 0.4		84.9 ± 0.6		87.1 ± 0.2	
	84.4 ± 0.5	31.35‡	87.5 ± 0.1	37.23	83.8 ± 0.4	38.78‡	85.4 ± 0.6	38.78‡
	82.9 ± 0.7		85.5 ± 0.3		82.2 ± 0.6		84.2 ± 0.4	
	80.9 ± 0.3		84.5 ± 0.3		80.7 ± 0.7		82.4 ± 0.9	
	79.5 ± 1.0		82.6 ± 0.5		79.4 ± 0.6		81.0 ± 0.4	

* $p < 0.05$; † $p < 0.01$; ‡ $p < 0.001$; SD, standard deviation; I, normal buccolingual inclination.

근원심 각도 변화

정상 근원심 및 순(협)설 각도(I°)로 식립하여 촬영한 파노라마 사진에서 측정된 치아의 근원심 경사도는 실제 근원심 경사도보다 더 크게 즉 원심경사된 것처럼 측정되었다. 실제 각도보다 가장 크게 원심경사된 것으로 나타난 치아는 견치로 원래 근원심 경사도는 73°이지만 파노라마 사진에서는 평균 79.0°로 약 6.0°정도 더 원심경사된 것으로 나타났다 (Table 4).

근원심 경사도를 정상 각도로 유지하면서 협설 경

사도를 I-15°(순측 경사)에서 I+15°(설측 경사)로 변화시킬 때 모든 치아가 통계학적으로 유의한 근원심 각도 변화를 보였다 (Table 5). 제1, 2소구치의 I+10°, I+15° 그룹과 제1, 2대구치의 I+15°에서만 실제 근원심 각도보다 더 작게 즉, 더 근심경사된 것으로 측정되었고 그 외 나머지 경우에는 모두 실제 근원심 경사도보다 더 원심경사되게 측정되었다 (Fig 6). 치아의 순(협)설 경사도가 작아질수록 즉 순(협)측 경사될수록 파노라마 방사선 사진에서 원심경사 경향이 더욱 커졌고 이러한 경향은 중절치와 측절치에서 가장 컸다 (Table 5 and Fig 6).

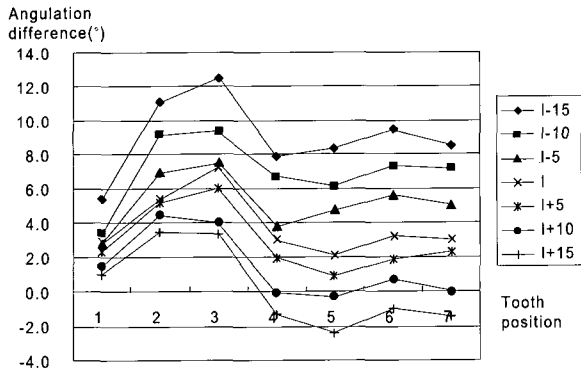


Fig 6. Differences in angulation measured on the panoramic radiographs according to inclination change. (angulation difference (°) = angulation measured on panoramic radiograph - normal angulation of each tooth)

고찰

파노라마 방사선 사진에서 왜곡이 적은 상을 얻기 위해서는 우선 환자를 올바른 자세로 위치시켜야 한다. Burson 등²⁰은 환자의 위치 변화에 따른 치아의 경사도 변화를 알아보기 위해 올바른 위치 및 5 mm 전방과 후방, 10° 고개를 들거나 숙인 경우와 5 mm 왼쪽으로 위치한 경우로 나누어 4종의 파노라마 기계를 이용하여 비교하였다. 그 결과 10° 고개를 든 경우와 왼쪽으로 5 mm 위치한 경우 가장 왜곡이 크다고 하였다. Mckee 등¹²도 정상위치 및 5° 우측과 좌측으로 고개를 기울인 경우와 5° 고개를 들거나 숙인 경우로 나누어 치아각도 변화를 연구하였는데 상악에서는 5° 고개를 숙이거나 든 경우 그리고 하악에서는 5° 우측과 좌측으로 고개를 기울인 경우에서 왜곡이 더 크게 나타났다고 하였다. 또한 전후방이나 좌우측방과 같은 수평적인 위치 변화보다는 고개를 기울여 교합평면을 변화시키는 것이 더 큰 왜곡을 발생시킨다고 하였다. 따라서 파노라마 방사선 사진을 촬영 할 때는 환자의 위치잘못으로 인한 이미지 왜곡을 막기 위해서 제조회사가 지시하는 가이드 (턱받침, bite rod, ear rod 등)에 환자를 올바르게 위치시키고 프랑크푸르트 평면이 지면과 평행하도록 해야 한다. 이번 연구에서는 파노라마 기계의 가이드 빔을 이용하여 아크릴 모델의 정중심과 견치 위치를 맞추어 항상 동일한 위치에서 촬영되도록 했지만 정상 교합자의 교합평면이 프랑크푸르트 평면에 대해 약 8°정도 전하방 경사되어 있는 것을 재현

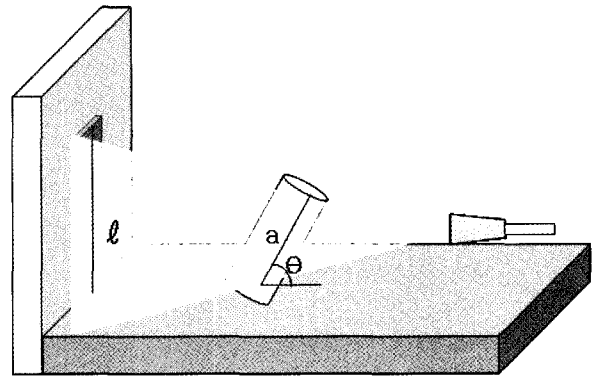


Fig 2. Diagram showing the length alteration when an inclined object is projected on the screen. a, length of object; b, constant number of magnification in panoramic radiograph; θ , inclination of object; l , length of object projected on the screen.

하지 못했다는 문제점을 갖고 있다. 따라서 이번 연구에서 얻어진 각도나 길이가 교합평면 경사도를 고려하여 얻은 수치와는 다소 차이가 있겠지만 순(협)설 경사도 변화에 따라 나타난 양상은 유사할 것으로 생각된다.

파노라마 방사선 사진에서 나타나는 왜곡은 수직적, 수평적 측면으로 나누어 생각해 볼 수 있다. 첫째로 수직적 측면에서 왜곡은 주로 X선원-물체-필름 간의 거리와 이들이 서로 이루는 각도(수직조사각도)에 의해 발생된다. 따라서 파노라마 기계마다 약간의 차이는 있지만 보통 약 120% 정도의 확대율을 보이며 이는 상, 하악 치아와 인접한 악골부위에서 비교적 일정하게 유지된다.²² Martinez-Cruz와 Manson-Hing²³은 해상판(resolution plate)을 이용하여 상층내에서 수평적 및 수직적 왜곡량을 측정하였는데, 수직적 왜곡량이 수평적 왜곡에 비해 전치부부터 구치부까지 비교적 일정하다고 보고하였다. 하지만 치아는 해상판과 같이 90° 각도를 갖는 수직적 구조물이 아니라 삼차원 공간상에 근원심 및 순(협)설 경사도를 갖고 있기 때문에 그들의 결과와는 다소 차이가 있을 것이다. 이는 삼차원적으로 경사진 물체가 평평한 스크린 위에 투사될 때 경사가 더 급할수록 그 길이가 짧게 보이는 것과 같은 의미로 볼 수 있다. Fig 7은 a 길이의 물체가 근원심 경사도가 0°이고 협설 경사도가 θ 일 때 광원이 물체의 직후방에서 스크린에 조사될 때의 상황을 보여주는 모식도이다. 이때 스크린에 투사된 물체의 길이(l)는 $a \times b$

$\times \sin\theta$ (b 는 방사선 확대율을 나타내는 상수)일 것이다. 즉 치아가 순측 경사될수록 (θ 가 작아질수록) 파노라마 방사선 사진에 나타난 치아 길이는 더 짧아질 것이다. 따라서 이번 연구에서 전치부 확대율이 120% 이하로 구치부보다 더 작은 것은 구치부보다 전치부의 순설 경사도가 더 작기(순측경사) 때문일 것이다 (Table 3). 실제로 중절치, 측절치, 견치에서 $I+15^\circ$ 일 때 (즉 순설 경사도가 90° 에 가까워질수록) 확대율이 120%에 가까워지는 것을 볼 수 있었다 (Table 3). 순설 경사도를 5° 씩 변화시킬 때 중절치와 측절치에서만 유의한 길이 변화를 보인 것은 중절치와 측절치의 순설 경사도가 다른 치아에 비해 작았기 때문에 그 길이 왜곡이 가장 컸을 것으로 생각된다 (Fig 7 and Table 3). 따라서 파노라마 방사선 사진에서 전치부의 치근길이를 평가할 때 치아의 순(협)설 경사도를 고려해야 하며 중절치와 측절치의 경우 순(협)설 경사도에 따라 방사선 사진에 나타나는 치근 길이가 영향을 받으므로 정확한 평가를 위해서는 평행촬영법을 이용해야 할 것이다. Thanyakam 등²⁴은 상악 제2소구치와 제1대구치 그리고 하악 제1, 2소구치를 정상교합 상태로 식립하여 방사선 사진상에서 치아 길이를 계측하고 실제 길이와 비교하였다. 그 결과 가장 확대율이 작은 치아는 소구치로 13% ~ 15% 확대율을 보였고 가장 큰 차이를 보이는 치아는 제1대구치로 19% ~ 41% 확대율 보인다고 하였고 이는 상악 제1대구치의 구개치근이 협설로 만곡되고 치근침이 상층을 벗어나 상이 흐려져 다양한 범위의 확대율을 보이기 때문이라고 하였다. 따라서 치근의 형태와 만곡도에 따라 파노라마 방사선 사진에서 길이가 달라질 수 있으므로 와이어가 아닌 실제 치아를 이용해야 한다고 지적하였다.

둘째로 수평적 측면에서 왜곡은 X선의 회전운동과 필름의 이동속도 등에 의해 영향을 받는다. 파노라마 기계에서 방사선원은 곡면을 이루는 상, 하악 골을 조사하는 동안 다른 구조물들과 중첩되지 않도록 하기 위해 연속적으로 움직이는 초점경로를 가지며 이로 인해 기계마다 고유한 운동 경로를 갖는다. 따라서 수평 조사각도는 각 치아의 위치마다 서로 다르다는 특징이 있다. Scarfe 등²¹은 정상 교합자 모형에서 치아의 변연용선을 잇는 곡선과 방사선 중심선이 이루는 수평 조사각도에 대해 연구하였고 수종의 파노라마 기계들을 서로 비교하였다. 그 결과 중절치와 측절치 및 제1대구치와 제2대구치 사이는 거의 90° 에 가까운 각도로 방사선 중심선이 조사되지

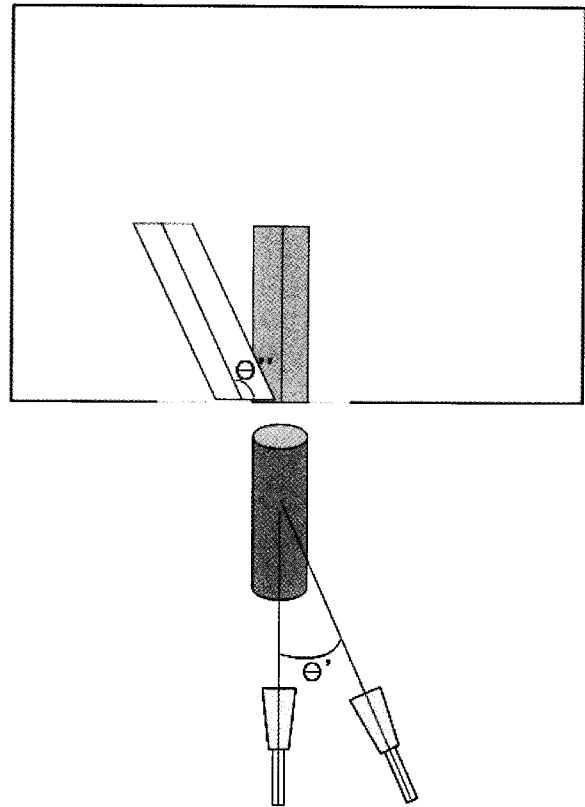


Fig 3. Diagram showing the angulation alteration in panoramic radiograph when projection beam is angulated in the horizontal direction. θ , horizontal projected angulation of beam; θ' , object angulation in panoramic radiograph

만 나머지 부위에서는 정상보다 더 큰 각도 즉, 해당 치아를 직후방에서 조사하지 못하고 원심쪽으로 경사져 조사한다고 보고하였다. 이 중에서 가장 원심 쪽에서 조사되는 치아는 제1소구치였고, 그 다음이 견치였다. 이와 같이 각 위치에서 서로 다르게 조사되는 수평 조사각도는 파노라마 방사선 사진에서 치아의 각도에 큰 영향을 주는 것으로 보인다 (Fig 8). 이번 연구결과 제1, 2소구치의 $I+10^\circ$, $I+15^\circ$ 그룹과 제1, 2대구치의 $I+15^\circ$ 그룹을 제외한 모든 경우에서 파노라마 방사선 사진에 나타난 근원심 경사도가 실제 근원심 경사도보다 더 크게 즉 원심경사된 것으로 계측되었다. 또한 근원심 경사도를 일정하게 유지시켰음에도 불구하고 순(협)설 경사도가 5° 씩 변화됨에 따라 모든 치아가 파노라마 방사선 사진에서 유의한 수준의 각도 변화를 보였고 그 중 가장 큰 변화를 보이는 치아는 측절치와 견치였다. 이는 필름-

물체와 X선이 일직선상에 있지 않기 때문이며 파노라마 방사선 사진에서 실제 각도보다 거의 대부분 더 크게 (원심경사) 측정된 것은 필름-물체에 대해 X선이 원심쪽에서 조사되었기 때문이다. 모든 치아를 같은 각도로 식립하고 촬영한다면 각 치아위치에서 필름-치아와 X선이 이루는 각도를 좀 더 정확하게 분석할 수 있을 것으로 생각된다. 또한 측절치와 견치에서 큰 변화를 보인 이유는 아마도 다른 치아들에 비해 순설 경사도가 작기 때문인 것으로 보인다. X선이 치아-필름에 대해 원심쪽에서 경사져 조사될 때 치아가 90°로 똑바로 서 있는 것보다 순측 경사되어 있을수록 그 각도가 커지기 때문이다 (Fig 6 and Table 5). 다만 제1, 2소구치의 I+10°(95°, 94°), I+15°(100°, 99°) 그리고 제1, 2대구치의 I+15°(97°, 95°) 그룹에서만 실제 근원심 경사도 보다 더 작게 측 근심 경사된 것으로 측정되었는데, 이들은 모두 순(협)설 경사도가 90°를 넘는 경우였다 (Table 5 and Fig 6). 따라서 파노라마 방사선 사진을 보고 치근 평행을 위해 치아의 근원심 경사도를 수정하고자 할 때에는 반드시 그 치아의 순(협)설 경사도도 평가되어야 할 것이다. 특히 결손치를 수복하기 위해 임플란트를 식립할 때와 같이 인접 치아의 근원심 경사도가 주의 깊게 평가되어야 하는 경우에는 해당 치아의 순(협)설 경사도를 반드시 고려해야 할 것이다.

파노라마 방사선 사진은 X선 노출시간이 길기 때문에 촬영 시간 동안 환자가 움직일 경우 상의 선예도가 떨어지며 이미지의 왜곡이나 변형이 생기기 쉽다. 따라서 치근단 평행 촬영법은 파노라마 방사선 사진에 비해 치아 길이와 치근단 정보를 정확하게 제공해 줄 것이며 45° 두부방사선 사진은 구치부의 근원심 각도를 예측하는데 좀 더 유용할 것이다. 하지만 모든 환자를 치아 길이나 각도를 평가하기 위해 여러 장의 치근단 평행촬영과 45° 두부방사선 사진을 촬영하는 것은 비효율적인 것으로 생각된다. 파노라마 방사선 사진의 각도나 길이에 대한 연구가 좀 더 다양하게 이루어진다면 한 장의 사진으로 구강 악안면 영역의 광범위한 정보를 보다 정확하게 얻어낼 수 있을 것이다.

결론

정상 성인 교합자 30명의 평균 악궁을 기초로 하여 아크릴 모델을 제작한 후 여기에 치아를 대신하는 와이어를 식립하여 와이어의 순(협)설 경사도 변

화에 따라 파노라마 방사선 사진에서 나타나는 와이어의 근원심 각도와 길이 변화를 알아보았다.

와이어를 정상 근원심 및 순(협)설 각도로 식립했을 때 파노라마 방사선사진에서 중절치, 측절치, 견치는 실제 길이의 111% ~ 117%의 확대율을 보였고, 소구치, 대구치에서는 121% ~ 125%의 확대율을 보였다. 이 때 근원심 경사도는 정상 각도로 유지하면서 순(협)설 경사도를 I-15°(순측경사)에서 I+15°(설측경사)로 변화시킬 때 중절치와 측절치에서 유의한 확대율 증가를 보였다. 중절치와 측절치를 제외한 나머지 치아들은 순(협)설 경사도 변화에 따라 길이 변화를 보였지만 통계학적 유의성은 없었다.

와이어의 근원심 각도를 변화시키지 않고 순(협)설 경사도만을 I-15°(순측경사)에서 I+15°(설측경사)로 변화시킨 경우 파노라마 방사선 사진에서 측정된 치아의 근원심 경사도는 대부분 실제 근원심 경사도보다 더 크게 측 원심경사된 것처럼 측정되었고 이는 측절치와 견치에서 가장 크게 나타났다. 다만 제1, 2소구치의 I+10°, I+15° 그룹과 제1, 2대구치의 I+15°에서만 실제 근원심 각도보다 더 작게, 즉 더 근심경사된 것으로 측정되었는데 이는 모두 순(협)설 경사도가 90°를 넘는 것이었다. 또한 모든 치아에서 순(협)설 경사도가 작아질수록 측 순(협)측 경사될수록 파노라마 방사선 사진에서 더 원심경사되게 나타났다. 따라서 파노라마 방사선 사진에서 중절치와 측절치의 치아 길이와 모든 치아의 근원심 경사도를 평가할 때 치아의 순(협)설 경사도에 따라 영향을 받기 때문에 이를 항상 고려해야 할 것이다.

참고문헌

1. Paatero YV. A new tomographical method for radiographing curved outer surfaces. *Acta radiol* 1949;32:177-84.
2. Hatasaka HH. A radiographic study of roots in extraction sites. *Angle Orthod* 1976;46:64-8.
3. Mayoral G. Treatment results with light wires studied by panoramic radiography. *Am J Orthod* 1982;81:489-97.
4. Jarabak JR, Fizzell JA. Technique and treatment with light-wire edgewise appliances." *St Louis: Mosby; 1972. p.277-379.*
5. Casco JS, Vaden JL, Kokich VG, Damone J, James RD, Cangialosi TJ, et al. Objective grading system for dental casts and panoramic radiographs. American board of orthodontics. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1998;114:589-99.
6. Graber TM. Panoramic radiography in orthodontic diagnosis. *Am J Orthod* 1967;53:799-821.
7. Hauck RM. Documentation of tooth movement by means of panoral

- radiography. Am J Orthod 1970;57:386-92.
8. Tronje G, Welander U, McDavid WD, Morris CR. Image distortion in rotational panoramic radiography III. Inclined objects. Acta Radiol Diagn (Stockh) 1981;22:585-92.
 9. Philip RG, Hurst RV. The cant of the occlusal plane and distortion in the panoramic radiograph. Angle Orthod 1978;48:317-23.
 10. Lucchesi MV, Wood RE, Nortje CJ. Suitability of the panoramic radiograph for assessment of mesiodistal angulation of teeth in the buccal segments of the mandible. Am J Orthod Dentofacial Orthop 1988;94:303-10.
 11. Samfors KA, Welander U. Angle distortion in narrow beam rotation radiography. Acta Radiol Diagn (Stockh) 1974;15:570-6.
 12. Mckee IW, Williamson PC, Lam EW, Heo G, Glover KE, Major PW. The accuracy of 4 panoramic units in the projection of mesiodistal tooth angulations. Am J Orthod Dentofacial Orthop 2001;121:166-75.
 13. Vlaskalic V, Boyd RL, Baumrind S. Etiology and sequelae of root resorption. Semin Orthod 1998;4:124-31.
 14. Rejebian GP. A statistical correlation of individual tooth size distortions on the orthopantomographic radiograph. Am J Orthod 1979;75:525-34.
 15. Tronje G, Eliasson S, Julin P, Welander U. Image distortion in rotational panoramic radiography II. Vertical distances. Acta Radiol Diagn (Stockh) 1981;22:449-55.
 16. Wyatt DL, Farman AG, Orbell GM, Silveira AM, Scarfe WC. Accuracy of dimensional and angular measurements from panoramic and lateral oblique radiographs. Dentomaxillofac Radiol 1995;24:225-31.
 17. Sameshima GT, Asgarifar KO. Assessment of root resorption and root shape: Periapical vs panoramic films. Angle Orthod 2001;71:185-9.
 18. Cohen S, Burns RC. Pathways of the pulp. St Louis: Mosby; 2003. p.151.
 19. Ash MM. Wheeler's Dental anatomy physiology, and occlusion. Pennsylvania: Saunders Company; 1984. p.387-92.
 20. Burson SD, Farman AG, Kang BC. Comparison of four panoramic dental radiographic systems for tooth angulation measurement accuracy under different tolerances. Korean J Oral Maxillofac Radiol 1994;24:317-26.
 21. Scarfe WC, Nummikoski P, McDavid WD, Welander U, Tronje G. Radiographic interproximal angulations: Implications for rotational panoramic radiography. Oral Surg Oral Med Oral Pathol 1993;76:664-72.
 22. McDavid WD, Tronje G, Welander U. A method to maintain a constant magnification factor throughout the exposure of rotational panoramic radiographs. Dentomaxillofac Radiol 1989;18:160-8.
 23. Martinez-Cruz S, Manson-Hing LR. Comparison of focal trough dimensions and form by resolution measurements in panoramic radiography. J Am Dent Assoc 1987;114:639-42.
 24. Thanyakarn C, Hansen K, Rohlin M, Åkesson L. Measurements of tooth length in panoramic radiographs. 1. The use of indicators. Dentomaxillofac Radiol 1992;21:26-30.

Change in tooth length and angulation on panoramic radiographs taken at different labiolingual and buccolingual inclinations

Gab-Lim Choi, DDS, MSD,^a Sung-Hoon Lim, DDS, MSD,^b
Kwang-Won Kim, DDS, MSD, PhD,^c Jae-Duck Kim, DDS, MSD, PhD^d

Objective: The purpose of this study was to examine how the mesio-distal angulation and the length of each tooth changes on panoramic radiograph at different bucco-lingual inclinations. **Methods:** After constructing an acrylic model based on the mean arch of 30 adults with normal occlusion, the wire was placed in the center of the teeth on the acrylic model. First, the wire was implanted in normal angulation and inclination and a panoramic radiograph taken. After changing the inclination from I-15° to I+15° by 5°, a panoramic radiograph was taken again and the mesio-distal angle and wire length on the panoramic radiograph were assessed. **Results:** When the wire was implanted at the normal angulation and inclination, the length measured in the panoramic radiograph was magnified 111 ~ 117% from the original length in the anterior region and 121 ~ 125% in the posterior region. Only the central and lateral incisors showed significant length differences when the inclination was changed from I-15° to I+15° at fixed angulation. When the inclination was changed from I-15° to I+15°, the angulation of most teeth on panoramic radiograph appeared to be more disto-angulated than in reality, and the lateral incisor and canine showed the largest difference. Only I-15°, I+15° groups of premolars and I+15° group of molars showed more mesio-angulation than in reality. As the labio(bucco)lingual inclination of all teeth were decreased, tooth angulation in the panoramic radiograph appeared to be more disto-angulated. **Conclusion:** The labio-liugual inclination of teeth should be considered because it affects panoramic image of teeth, such as length of incisors and angulation of other teeth. (*Korean J Orthod* 2007;37(2): 114-24)

Key words: Panoramic radiograph, Angulation, Inclination, Tooth length

^aResident, ^bAssistant Professor, ^cProfessor, Department of Orthodontics, School of Dentistry, Chosun University.

^dProfessor, Department of Oromaxillofacial Radiology, School of Dentistry, Chosun University.

Corresponding author: Kwang-Won Kim.

*Department of Orthodontics, School of Dentistry, Chosun University, 375, Sosok-Dong, Gwangju, 501-759, Korea.
+82 62 220 3875; e-mail, kwkim@chosun.ac.kr.*

Received September 30, 2005; Last Revision September 12, 2006; Accepted September 14, 2006.