

파노라마방사선사진에서 구획별 교합면 기준선에 대한 치아근원심경사

조선대학교 치과대학 구강생물학연구소
김재덕 · 김진수 · 유충현

Mesiodistal tooth angulation to segmental occlusal plane in panoramic radiography

Jae-Duk Kim, Jin-Soo Kim, Choong-Hyun You

Department of Dentomaxillofacial Radiology, Oral Biology Research Institute, Chosun University

ABSTRACT

Purpose : To evaluate the stability of the segmental occlusal plane and anatomical line as the reference line for measuring the mesiodistal tooth angulation in panoramic radiography and to determine the mean angle and the range of the mesiodistal tooth angulation in Korean population with normal occlusions.

Materials and Methods : Twenty nine subjects (15 men, 14 women) with normal occlusion were selected. A total of 29 panoramic radiograms were taken at normal head position and then 10 images of 5 subjects selected were repeatedly taken with repositioning 2 times at each of the head down (V-shaped occlusion) and up (horizontal occlusion) for evaluation of stability of adopted reference lines by using PM2002CC (Planmeca, Finland). The images were traced with adoption of two test reference lines and the long axes of the teeth. The mesial angles formed by each reference line and the long axes of the teeth were measured and analyzed.

Results : With anatomical reference line, the mesiodistal tooth angulations of the molars showed the significant difference by over 5 degree between the normal and each changed head position. With segmented occlusal reference line, deviations of mesiodistal tooth angulations by the two changed head positions were less than 1 degree. The means, standard deviations, and maximum and minimum values of mesiodistal tooth angulations to segmental occlusal reference line on panoramic radiography were determined.

Conclusion : It would appear that mesiodistal tooth angulations to segmental occlusal plane as reference line in panorams are predictable as standards of normal occlusion and useful for evaluation of tooth arrangement between adjacent teeth. (*Korean J Oral Maxillofac Radiol* 2005; 35 : 25-31)

KEY WORDS : Radiography, Panoramic; Tooth, Angulation

서 론

정상교합을 이루는 조건중의 하나는 치아들이 공간적으로 3 평면에 대해 바르게 위치되는 것이며 이러한 작업은 교정치료를 통하여 미리 정립된 두부계측학적 기준 및 교합기준에 근접시켜 나가는 것이다.¹ 과거 적절한 치측 경사를 얻기 위하여² 또한 발치공간에 인접된 치아의 치근평

행과 전치의 심미적배열을 위하여³ 교정용 브라켓 슬롯에 각도를 부여하는 방법을 이용하였다.

1972년 Andrews⁴가 치아를 이상적으로 위치시키기 위해서는 치아의 적절한 근원심경사와 순설경사가 필수적임을 언급한 이래, 교정용브라켓에 in and out, tip, torque를 미리 부여하는 straight wire 브라켓을 개발함으로써^{5,6} wire bending을 최소화하며 치아이동을 효율적으로 할 수 있게 되었다. Mayoral (1982)⁷도 적절한 치측경사는 긴밀한 콘택트 포인트와 함께 교합력의 분배에 필수적이라고 하였으며, Jarabak (1972)⁸과 Hatasaka (1976)⁹는 교정적발치를 한 경우 치근평행이 이루어지지 않으면 발치부위가 다시 벌어지는 경향을 보인다고 하였다. 이와같이 적절한 치측경사

*이 논문은 2003년도 조선대학교 학술연구비의 지원을 받아 연구되었음
접수일 : 2005년 1월 3일; 심사일 : 2005년 1월 4일; 채택일 : 2005년 2월 11일
Correspondence to : Prof. Jae-Duk Kim
Department of Oral and Maxillofacial Radiology, College of Dentistry, Chosun University, 421 Susuk-dong, Dong-gu, Kwangju, Korea
Tel) 82-62-220-3880, Fax) 82-62-227-0270, E-mail) jdakim@chosun.ac.kr

와 치근의 평행성 (parallelism)은 치아가 적절한 교합기능과 절치기능을 유지하는데 중요하며, 안정된 교정치료결과를 유지하는 데도 중요하다.^{3,7-11}

파노라마방사선사진은 임상평가와 더불어 교정치료 전, 교정치료 중, 그리고 교정치료 후 치근의 평행성과 근원심치아경사를 평가하기 위하여 자주 이용되었다.^{7,12,13} Mayoral⁷은 발치증례에서 치료후 치근평행성을 연구하면서 치근의 올바른 위치를 확인하기 위해 파노라마방사선사진을 사용하였다. Hauck (1970)¹⁴는 파노라마방사선사진에서 악골의 하연을 기준선으로 치아 이동과 치근의 치축경사를 평가하고 파노라마방사선사진이 치아의 평행성에 대한 장기적 평가에 유용함을 제시하였다. Tronje 등 (1981)^{15,16}도 파노라마방사선사진상에서 여러 형태의 왜곡을 연구하며 협설 경사도가 각의 왜곡 (angular distortion)에 거의 영향을 주지 않는다고 보고하였다.

그러나 Sämfores와 Welander (1974)¹⁷는 파노라마방사선사진에서 초점층에서 벗어난 물체의 경우 각의 왜곡이 나타나며 Phillip과 Hurst (1978)¹⁸는 평행성 오차가 교합면경사 (cant)의 정도와 관계가 있다고 하였다. Lucchesi 등 (1988)¹²은 아크릴 모델에 식립된 와이어의 근원심경사각을 평가함에 있어 구내교합필름이 파노라마방사선사진보다 더 정확하였다고 하였다. Mckee 등 (2001)¹⁹은 치아모형과 두개골을 이용한 실험에서 파노라마방사선촬영시 두부 위치의 변화에 따라 치아의 근원심경사각의 왜곡이 크게 나타났다고 하였다. Mckee 등 (2002)²⁰도 치아모형에 재현된 치아의 근원심경사를 4종의 파노라마 방사선촬영장치로 촬영하여 측정된 결과 실제 각도와 차이를 나타내었다

고 보고하였다.

치아의 근원심경사도를 측정된 방법으로 Wheeler²¹는 개개치아를 protractor 내에 위치시키고 교합면이 바닥에 평행하게 한 다음 사진을 촬영하여 각 치아의 협설 및 근원심경사도를 측정하였다. 그 이후 주로 석고 모형상에서 Andrews⁴가 제시한 기준선을 적용하여 치관의 근원심경사도를 측정하였다. 국내에서는 이 등 (1998)²²이 석고모형을 3차원 스캐너로 스캔하여 컴퓨터 프로그램으로 한국인 정상 교합자 치관의 치축경사 (angulation)와 치관경사각 (inclination), in and out, molar offset각 등을 측정 보고하였다. 파노라마방사선사진상에서 직접 치아의 근원심경사도를 측정된 연구는 극히 희박하여 Ursi 등 (1990)¹³이 좌우 안와 하연과 좌우 이공을 각각 연결한 선을 기준으로 한 치아의 근원심경사도를 측정 보고하였을 뿐이다.

이와같이 파노라마방사선촬영시 두부위치에 따른 각의 왜곡 가능성을 극복하고 치아의 근원심경사도를 파노라마방사선사진상에서 신뢰성있게 측정할 수 있는 방법의 개발이 필요하며 치아의 평행성을 위한 한국인 정상교합자의 파노라마방사선사진상 치아근원심경사도의 기준도 마련되어야 한다고 생각된다.

본 연구는 파노라마방사선사진에서 치아근원심경사도를 측정하되 과거 석고모형 상에서 Andrews가 제시하였던 기준선을 응용한 새로운 기준선을 적용하여 측정된 값과 과거 측정법에 의해 얻어진 결과를 비교하여 그 안정성을 평가하고 한국인 정상교합자의 파노라마방사선사진에서 개선된 방법을 이용한 상, 하악 각 치아의 근원심경사도를 제시하고자 하였다.

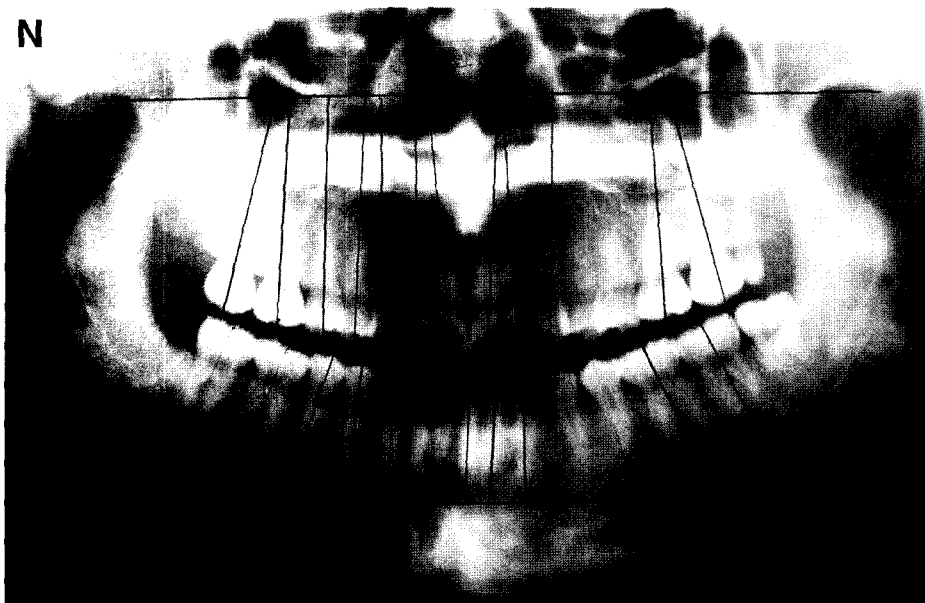


Fig. 1. Anatomical reference lines¹³: upper reference line : line passing through the most inferior points of the right and left orbits, lower reference line : line passing through the centers of both mental foramina.



Fig. 2. Each occlusal plane as reference line : 1: incisal line of central incisor; 2, 3: line passing through the incisal centers of lateral incisor and canine; 4, 5: line passing through the uppermost cusp points of two premolars 4, 5; 6, 7: line passing through the uppermost cusp points of two molars 6, 7.

재료 및 방법

1. 연구대상

본 실험을 위해 선정된 교정치료와 보철치료를 받지 않았고 정상교합을 가진 대학생중 남 15명, 여 14명(범위 20-24세) 총 29명을 대상으로 하였다.

2. 연구방법

1) 방사선사진 촬영

PM2002CC 파노라마방사선촬영장치 (Planmeca, Finland)를 이용하여 연구대상 29명의 교합면이 바닥에 평행하고, 정중면이 바닥에 수직되며, 좌우 치우침이 없게 두부틀 고정하고, 전치부가 가이드플라스틱을 물게 한 다음 통법에 의해 파노라마방사선사진을 촬영하였다.

2) 치아장축과 기준선의 설정

(1) 치아 장축 설정

전치의 경우 절단부의 중점과 치근의 침단을 잇는 선으로 결정하고 구치는 교합부에서 협측의 근원심교두사이의 구와 근원심치근의 이개부를 잇는 선으로 결정하였다.

(2) 치아의 근원심경사도 측정을 위한 기준선의 설정

기준선은 Ursi 등¹³이 사용한 해부학적 기준선 과 Andrews가 사용한 기준선⁴을 응용한 교합면 기준선의 두가지 기준선을 사용하였다.

i) 해부학적 기준선 (Fig. 1): 상악의 경우 좌우 안와 하연을 잇는 선과 하악의 경우는 좌우 이공중심을 잇는 선을 기준선으로 하였다. 각 기준선이 치아장축과 이루는 근심내각을 측정하여 각 치아의 근원심경사각으로 하였다.

ii) 구획별 교합면 기준선 (Fig. 2): 먼저 전치의 절단면의 중점과 구치의 교합면에서 교두의 최정점을 결정하고

- 1: 중절치의 절단 중점을 지나는 절단선을,
- 2,3: 측절치와 견치의 절단부 중점을 잇는 선을,
- 4,5: 제1,2 소구치의 교두의 최정점을 잇는 선을,

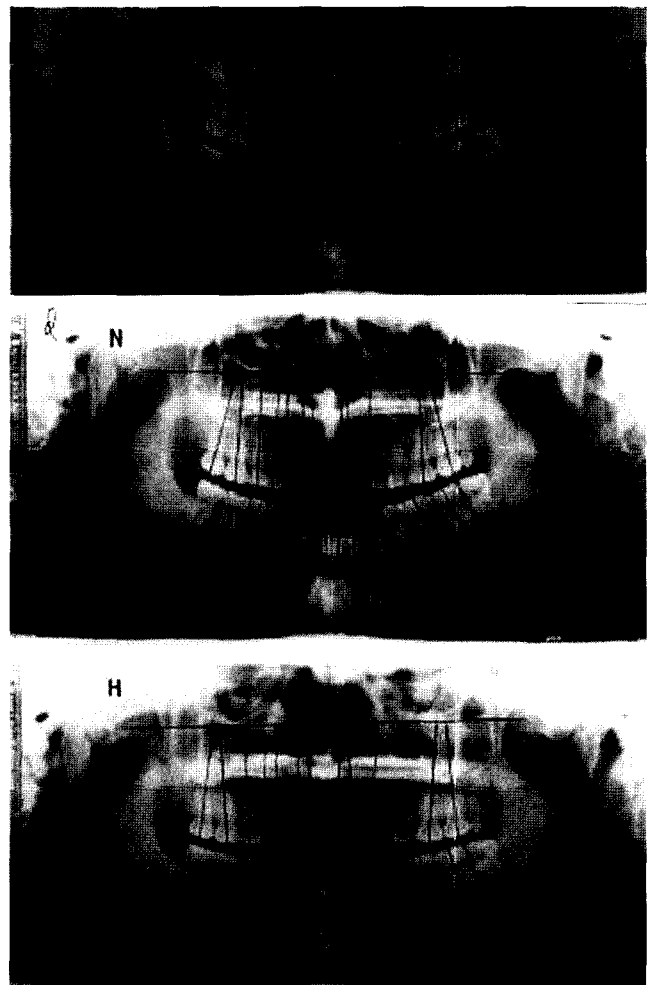


Fig. 3. Panograms with V-shaped, normal (N), and horizontal occlusal cant (H).

6,7: 제1,2 대구치의 교두 최정점을 잇는 선을 각각 기준선으로 하여 각 치아장축이 만나 이루는 근심내각을 근원심경사각으로 결정하였다.

Table 1. The means and standard deviations of the mesiodistal tooth angulations to anatomical reference line in panograms with V-shaped, normal, and horizontal occlusal plane

Tooth	V-shape				Normal				Horizontal			
	Upper jaw		Lower jaw		Upper jaw		Lower jaw		Upper jaw		Lower jaw	
	AV	SD	AV	SD	AV	SD	AV	SD	AV	SD	AV	SD
1	89.1	3.1	89.6	2.2	88.4	4.1	90.6	3.6	89.5	5.7	92.8	1.8
2	90.3	1.8	87.3	4.4	89.8	2.7	88.1	4.8	89.5	0.7	88.5	6.4
3	89.8	1.4	80.5	6.5	87.9	2.8	82.2	5.9	85.5	0.7	*85.0	7.1
4	90.2	4.0	*74.4	5.8	88.8	3.8	78.7	5.4	89.0	0.7	*82.3	0.4
5	93.9	1.3	*68.4	5.2	92.1	1.9	72.2	3.2	88.0	0.7	73.5	3.5
6	98.8	2.4	**65.1	3.7	95.6	2.3	70.4	3.5	*89.8	5.3	71.4	4.8
7	*107.7	4.0	*64.76	8.6	102.4	6.7	70.2	6.9	*98.8	3.2	68.3	2.5

AV : average, SD : standard deviation, *significant difference (p<0.05), **highly significant difference (p<0.005)

Table 2. The difference of mesiodistal tooth angulations to anatomical reference line in panograms between normal, V-shaped, and horizontal occlusal plane in upper jaw

Tooth	V-shape	Normal	Horizontal
1	-0.7	88.4	-1.1
2	-0.5	89.8	0.3
3	-1.9	87.9	2.4
4	-1.3	88.8	-0.2
5	-1.8	92.1	4.1
6	-3.1	95.6	5.9
7	-5.3	102.4	3.7

Table 3. The difference of mesiodistal tooth angulations to segmental occlusal reference line in panograms between normal, V-shaped, and horizontal occlusal plane in upper jaw (p>0.05)

Tooth	Upper jaw			Lower jaw		
	V-shape	Normal	Horizontal	V-shape	Normal	Horizontal
1	-0.2	93.7	0.4	-0.7	89.9	1.5
2	-1.7	91.3	-0.3	-0.7	83.9	1.5
3	-0.7	92.9	0.8	-0.2	87.6	0.5
4	-0.2	99.8	-1	-0.1	92.4	0.3
5	-0.1	99.0	0	-0.2	97.0	0
6	-1	101.0	-0.5	-0.4	95.8	-0.5
7	-0.4	93.2	0.75	-0.2	95.4	0.55
AV	-0.76		0.02	-0.36		0.55

AV : average, p>0.05 : no significant difference

2. 기준선의 안정성 평가

설정된 두 가지 기준선이 방사선 촬영시 두부위치의 변화에 대해 치아근원심경사도 측정을 위해 안정성이 있는가를 평가하기 위해 임의로 29명중 5명을 선정하여 PM2002CC 파노라마방사선촬영장치 (Planmeca, Finland)를 이용하여 정상위 (normal occlusal curve), 고개를 숙인 두부위치 (V-shaped occlusal plane), 고개를 위로 젖힌 두부위치 (horizontal occlusal plane) (Fig. 3) 등 3가지의 두부위치에서 전치부가 가이드플라스틱을 물게 하여 통법으로 촬영하였다. 촬영된 파노라마 방사선사진상모두에 모사지를 부착한 다음 5명의 두부위치를 달리한 각 3매 총 15매의 파노라마방사선사진상에서 각 치아들의 근원심경사각을 측정하고 3 위치에서 측정된 각도 간의 차를 구하고 비교하여 보다 안정성을 나타내는 기준선을 채택하였다.

3. 치아근원심경사각 측정

안정성이 좋은 기준선을 채택하여 각 치아의 경사도를 측정하여 통계를 구한 다음 현재 석고 모형에서 측정되어 발표된 한국인의 평균 치아 근원심경사도와 외국인의 치아 근원심경사도를 비교하여 측정치의 관계를 결정하였다.

4. 측정오차와 통계분석

측정오차를 결정하기 위해 두부위치를 달리하여 촬영된 15매의 파노라마방사선사진중 임의의 1장을 택하여 측정자가 5회 모사하여 각 치아의 근원심경사각을 5회 측정하여 측정오차범위는 0.42도에서 0.76도였다. 각 두부위치에서 측정된 평균의 차이에 대하여 Student t 검증을 시행하였으며 두부위치를 달리한 영상에서 측정된 각의 평균과 정상위에서 촬영된 영상에서의 측정치와의 차이를 분석하였다. 통계학적으로 p<0.05인 경우를 유의성 있는 것으로 평가하였다.

결 과

1. 기준선의 안정성 평가

해부학적 기준선에 의해 측정된 치아근원심경사각은 Table 1에서와 같이 상악의 경우 이미 정상 두부위치와 고개를 숙인 (V-shaped occlusal plane) 두부위치에서 구치부의 치아근원심 경사각간에 유의한 측정차를 나타내었으며 구

Table 4. The mean, standard deviations, and range of mesiodistal tooth angulations to segmental occlusal reference line in normal occlusion

Tooth	Normal occlusion							
	Upper jaw				Lower jaw			
	AV	SD	MAX	MIN	AV	SD	MAX	MIN
1	93.7	4.0	97.0	87.0	89.9	1.9	93.0	88.0
2	91.3	4.9	97.8	85.5	83.9	6.8	93.0	77.5
3	92.9	4.5	100.0	89.0	87.6	6.0	98.0	83.0
4	99.8	3.8	102.0	95.5	92.4	4.8	100.0	88.0
5	99.0	3.2	103.0	95.5	97.0	2.9	100.0	93.0
6	101.0	4.0	108.0	98.0	95.8	6.2	107.0	91.5
7	93.2	3.7	98.0	89.1	95.4	7.6	106.0	85.0

AV : average, SD : standard deviation,
MAX : maximum value, MIN : minimum value

획별 교합면을 기준선으로 한 경우는 두가지 두부위치에서 각 치아의 근원심경사각은 정상두부위치에서 측정된 값과 유의한 차를 보이지 않았다.

해부학적 기준선 적용시 상하 두부위치의 변화에 따라 정상위보다 견치에서 총 4.3도의 차를 나타내었으며 소구치부에서 6.3도 대구치부에서는 9도의 차를 나타내었으며 정상과 상하 각각 두부위치의 변화에 대하여는 대구치부에서 편측으로 5도 이상의 평균 치아근원심경사각 차이를 나타냈다(Table 2). 상악대구치는 고개를 숙이면 각이 커지고 고개를 위로 젖히면 각이 작아지는 경향을 보였고 하악 대구치는 고개를 위로 젖히면 각이 커지는 경향을 보였다.

구획별 교합면을 기준선을 적용한 경우 정상두부위치시와 비교하여 상하 두부위치의 변화에 따라 모든 치아들은 1도 이하의 치아근원심각의 변화를 나타내어(Table 3) 유의한 차이를 나타내지 않았다($p < 0.05$).

2. 각 치아의 치아근원심경사각

한국인 정상교합자의 파노라마방사선사진상에서 구획별 교합면 기준선에 대한 각 치아의 치아근원심경사각의 평균 표준편차 최대값 및 최소값을 구하였다(Table 4).

고 찰

파노라마방사선사진에서 측정된 근원심경사각은 실제 각도와 차이를 나타내며²⁰ 초점 층으로부터 물체가 벗어난 경우는 각의 왜곡이 나타나고¹⁷ 두부위치의 변화에 따라 치아의 근원심경사각의 왜곡이 크게 나타난다.¹⁹ 이러한 결과는 파노라마방사선사진에서 교합면이 경사를 이루는 정도와 관계가 있다.¹⁸ 한편 Wyatt 등(1995)²³에 의하면 파노라마방사선 사진과 45도 60도의 두 가지 두부계측사진에서 각의 측정의 정확도에는 차이가 없었고, Stramotas 등

Table 5. Mesiodistal tooth angulations compared with Wheeler's, Andrews's, and Ursi et al's data

Tooth	Wheeler ²¹	Andrews ⁴	Ursi ¹³	Author (anatomic)	Author (occlusal)
Upper	1	8	4	-1	4
	2	10	8	4	1
	3	5	8	1	-2
	4	9	3	1	10
	5	17	3	4	9
	6	7	6	4	11
	7	2	0	22	3
Lower	1	2	1	0	0
	2	0	0	2	-6
	3	6	3	-4	-2
	4	6	1	-6	2
	5	9	2	-2	7
	6	10	2	-8	6
	7	14	3	-15	5

(2002)²⁴도 교합면을 전방에서 위로 8도까지 기울였을 때 교합면에 대한 핀의 각도와 각 구획당 서로에 대한 각의 측정에서 측정치 간에 유의한 차이를 보였으나 고개의 짓힘없이 측면 경사시에는 10도 이하에서 유의한 차를 나타내지 않았다고 하여 두부위치의 허용한계를 제시하였다. 실제 임상에서 파노라마방사선사진 촬영시 두부위치의 변화는 통법에 의하여 규격화될 수 있으며 실측치와는 그 각에서 차이가 있더라도 파노라마방사선사진 상에서의 특징적인 각으로서 의미가 있다고 생각되며 평행성을 고려한 계측기준과 함께 근원심경사각을 측정한다면 그 의미가 있다고 생각한다.

본 실험에서도 과거 파노라마방사선사진에서 사용하였던 상악골 및 하악골에 설정된 기준선¹³에 대하여 치아들의 근원심경사각을 측정된 결과 두부위치변화에 의해 교합면이 V자 모양으로 됨에 따라 상악 및 하악 구치부에서 정상 두부위치시 측정된 각에 비해 유의한 차($p < 0.05$)를 나타냈으며 상악구치부에서 5도 이상의 각 왜곡이 나타났다(Table 1, 2). 이는 Mckee 등(2001)¹⁹과 Stramotas 등(2002)²⁴의 결과와 일치하며 Phillip과 Hurst(1978)¹⁸가 평행성 오차는 교합면 경사의 정도와 관계가 있다는 언급과 관련이 있다고 생각되었다. 실제 파노라마방사선 촬영장치는 두부 후방에서 약 -7도 정도의 경사를 갖고 방사선이 조사되기 때문에 나타나는 결과일 것으로 생각된다. 한편 이러한 경사가 있는 교합면을 기준선으로 한다는 것은 불가하므로 석고모형의 교합면을 바닥에 놓고 교합면이 바닥과 이루는 선을 기준선으로 택한 것에 착안하여 교합면을 기준선으로 응용하되 중절치는 그 절단면을 기준선으로 채택하고 나머지 치아들은 파노라마방사선사진상 인접치와의 평행성을 고려하였다. 즉 소구치간 또는 대구치간 인접치 교두정을 잇는 선을 구획별 기준선으로 채택하여

치아의 근원심경사각을 측정된 결과 두부위치를 상하로 짓힘에 관계없이 평균 1도 미만의 각 차이(Table 3)를 나타내어 측정치의 안정성을 나타내었다. 하악 전치부에서 다소 차이가 나타났는데 비록 초점층 내에 위치하더라도 물고 있던 플라스틱가이드의 상이 중첩되어 절단면의 상이 흐림을 나타내어 모사하는데 오차를 일으킨 것으로 생각된다.

각 치아의 치아근원심경사각 측정을 위해 치아장축의 결정시 본 실험에서는 Fig. 3에서 보듯이 상악 견치와 상악 제1, 2소구치의 인접면이 중첩된 상을 나타내어 치아의 장축을 결정이 어려웠다. 이는 Scarfe 등²⁵이 수종의 파노라마 기계에서 중절치와 측절치 사이 및 제1대구치와 제2대구치 사이는 거의 90°에 가까운 각도로 방사선 중심선이 조사되지만 소구치와 견치는 원심쪽으로 경사져 조사된다는 보고와 일치된 상이었다. 이 경우 제1, 2소구치의 치아 장축은 치근점과 치근관의 장축을 연결한 선으로 하였다.

정상적 두부위치의 사진상에서 해부학적 기준선에 의해 측정된 근원심경사각 과 새롭게 적용한 구획별 교합면을 기준으로하여 측정된 근원심경사각 그리고 Wheeler,²¹ Andrews,⁴ 그리고 Ursi 등¹³의 실험에서 Siemens사의 Orthopantomograph에 의해 촬영된 파노라마상에서 측정된 근원심경사각을 비교하였다(Table 5)

Ursi 등¹³의 결과와 본 실험에서 해부학적 기준선을 적용한 측정치의 차이는 하악구치와 상악 제2대구치에서 두드러지며(Table 5) 이는 Ursi 등¹³의 경우에는 상하악이 교합된 상태로 촬영되었고 본 실험에서는 다소 개구된 상태의 촬영되어 교합면 경사의 정도에 차이가 생긴 결과로 생각되었다. 그럼에도 두 측정치간에는 $r=0.86$ 의 높은 상관관계를 보여 이를 뒷받침한다.

Andrews⁴가 보고한 치관근원심경사각과 본 실험에서 얻어진 치아의 근원심경사각간에는 거의 상관관계를 보이지 않았으며($r = -0.01, 0.15$) 본 실험에서 구획간 교합면을 기준으로 하여 측정된 각 치아간 근원심경사각과 Wheeler²¹의 해부학적 측정치 간에는 적은 상관성($r = 0.64$)을 나타냈다.

이들을 종합해 보면 두 가지 기준선에 의한 측정치들은 교정치료 후 달성된 치아의 근원심경사각을 평가할 때 표준기준으로써의 의미를 갖을 수 있으나 교정치료시 치아 이동 후 변동된 각의 양을 평가하기 위한 기준으로는 해부학적 기준선의 경우 변동치가 더욱 클 것으로 생각되며 인접치와의 평행성을 바탕으로 하여 각의 변화차를 평가할 수 있는 구획된 교합면 기준선의 적용이 좀더 실제 이동각도에 대한 근사치를 반영할 수 있을 것으로 생각된다. 향후 이에 대한 보다 세분화된 연구가 진행되어야 할 것이다.

이상을 종합해 보면 파노라마방사선사진상에서 구획별

교합면기준선은 치아의 근원심경사각을 측정할 때 보다 안정적이며 한국인 정상 교합자에서의 평균값과 함께 임상에 유용할 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

1. McNamara JA Jr. A method of cephalometric evaluation. *Am J Orthod* 1984; 86 : 449-69.
2. Tweed CH. The application of the principles of the edgewise arch in treatment of malocclusion. *Angle Orthod* 1941; 11 : 1-67.
3. Holdaway RA. Bracket angulation as applied to the edgewise appliance. *Angle Orthod* 1952; 22 : 227-36.
4. Andrews LF. The six keys to normal occlusion. *Am J Orthod* 1972; 62 : 296-309.
5. Andrews LF. The straight-wire appliance, origin, controversy, commentary. *J Clin Orthod* 1976; 10 : 99-114.
6. Andrews LF. Lawrence F. Andrews, DDS on the straight-wire appliance. Interview by Dr. White. *J Clin Orthod* 1990; 24 : 493-508
7. Mayoral G. Treatment results with light wires studied by panoramic radiography. *Am J Orthod* 1982; 81 : 489-97.
8. Jarabak JR, Fizzell JA. *Technique and Treatment With Light-Wire Edgewise Appliances*. St Louis : CV Mosby Co; 1972. p. 277-379.
9. Hatasaka HH. A radiographic study of roots in extraction sites. *Angle Orthod* 1976 ; 46 : 64-8.
10. Strang RJ. Factors associated with successful orthodontic treatment. *Am J Orthod* 1952; 38 : 790-800.
11. Graber TM. Postmortems in posttreatment adjustment. *Am J Orthod* 1966; 52 : 331-52.
12. 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.
13. Ursi WJ, Almeida RR, Tavano O, Henriques JF. Assessment of mesiodistal axial inclination through panoramic radiography. *J Clin Orthod* 1990; 24 : 166-73.
14. Hauck RM. Documentation of tooth movement by means of panoramic radiography. *Am J Orthod* 1970; 57 : 386-92.
15. Tronje G, Eliasson S, Julin P, Welander U. Image distortion in rotational panoramic radiography. *Acta Radiol* 1981; 22 : 449-55.
16. Tronje G, Welander U, McDavid WD, Morris CR. Image distortion in rotational panoramic radiography. III. Inclined objects. *Acta Radiol Diagn* 1981; 22 : 585-92.
17. Samfors KA, Welander U. Angle distortion in narrow beam rotation radiography. *Acta Radiol* 1974; 15 : 570-6.
18. Philipp RG, Hurst RV. The cant of the occlusal plane and distortion in the panoramic radiograph. *Angle Orthod* 1978; 48 : 317-23.
19. Mckee IW, Glover KE, Williamson PC, Lam EW, Heo G, Major PW. The effect of vertical and horizontal head positioning in panoramic radiography on mesiodistal tooth angulations. *Angle Orthod* 2001; 71 : 442-51.
20. 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* 2002; 121 : 166-75.
21. Wheeler RC. *Dental anatomy physiology, and occlusion*. 6th ed. Philadelphia : W.B. Saunders Co; 1984. p. 387-92.
22. Lee WY, Park YC, Lim KS. A morphometric study of teeth on the Korean normal occlusion. *Korean J Orthod* 1998; 28 : 601-9.

23. 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.
24. 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.
25. 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.