

컴퓨터를 이용한 치아크기 계측시 재현도와 정확도에 관한 연구

김 은 정¹⁾ · 황 현 식²⁾

본 연구는 치아크기 측정시 버니어 캘리퍼스를 사용한 계측치와 석고모형을 촬영하여 컴퓨터를 사용한 계측치를 서로 비교함으로써 석고모형 분석시 컴퓨터 이용 가능성을 알아보고자 시행되었다. 치아밀집치열 특징을 지니며 모든 치아의 맹출이 완료된 상하악 20 조의 석고 모형의 좌측 중절치부터 제 1 대구치까지 12 개의 치아를 대상으로 하여, 각 치아의 근원심폭경을 버니어 캘리퍼스와 컴퓨터를 이용하여 2주 간격으로 2 회 측정하여 실험측정치를 얻은 다음, 측정에 이용된 석고모형을 근원심접촉점 부위에서 개개치아로 분리한 후, 마이크로미터를 이용하여 측정된 표준치와 비교분석하였다. 계측시 오차의 원인을 알아보기 위하여 상하악의 occlusogram을 얻어 각 치아의 접촉점 이탈유무 및 정도를 구하고, TARG (Torque Angulation Reference Guide)를 이용하여 각 치아의 근원심경사도를 계측한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 2 회 측정에 대한 재현도 비교시 버니어 캘리퍼스를 사용한 경우 12 개 치아 중 3 개의 치아에서 유의한 차이가 나타났으며 컴퓨터의 경우에는 1 개의 치아에서 차이가 나타났다.
2. 치아크기 계측의 정확도를 알아보기 위하여 표준치와 비교한 결과, 버니어 캘리퍼스를 사용한 경우 12 개 중 3 개의 치아에서 유의한 차이가 있었으며 컴퓨터의 경우에는 12 개 중 2 개의 치아에서 차이가 나타났다.
3. 버니어 캘리퍼스를 사용한 경우 상악 제 1 대구치는 표준치에 비해 크게, 하악 제 1 대구치는 표준치에 비해 작게 재는 경향을 보였으며 컴퓨터의 경우 상하 제 1 대구치 모두 표준치에 비해 크게 재는 경향을 보였다.
4. 버니어 캘리퍼스로 계측시에는 하악 제 1 대구치가 가장 큰 오차를 보였으며 치아별로 오차정도가 다양하게 나타난 반면, 컴퓨터의 경우 치아별 오차정도의 차이를 보이지 않았다.
5. 접촉점 이탈정도 및 치관의 근원심 경사도와 오차정도의 상관성을 살펴본 결과 버니어 캘리퍼스로 측정한 경우 유의한 상관관계를 보이지 않았으나 컴퓨터로 계측한 경우 약한 순상관관계를 보였다.

이상의 결과는 모형분석을 위한 치아크기 계측시 컴퓨터 이용이 가능함을 시사하였다.

주요단어 : 컴퓨터, 치아크기, 재현도, 정확도

I. 서 론

일찍이 Black¹⁾과 Wheeler²⁾가 치아크기를 계측하고 오늘날 사용되는 평균치아크기의 표를 작성한데 이어 부정교합의 연구 및 진단에서 치아크기 계측의

필요성이 대두되었다. Ballard³⁾는 치열의 대칭을 위해 좌우 치아크기의 비교가 필요하다고 하였고 Neff⁴⁾는 이상적인 절치피개도가 상하악 전치간 폭경비와 관련이 있음을 보고하였으며 Lundström⁵⁾은 상하악 치아간 폭경비는 최종적인 치아배열과 교합에 영향을 준다고 하였다. Bolton⁶⁾은 상하악 치아의 적절한 조화를 위해 상하악 치아크기 비율을 계산할 것을 제

¹⁾ 전남대학교 치과대학 교정학교실, 전공의

²⁾ 전남대학교 치과대학 교정학교실, 부교수

시하였고 Crosby와 Alexander⁷⁾, Freeman⁸⁾은 많은 환자에서 치아크기 부조화가 나타나며 교정치료 시작시 치아크기 비율 계산이 중요한 자료가 된다고 주장하였다. 또한 치아계측시 발생하는 오차에 관한 연구로는 Shellhart⁹⁾등이 조사자간, 조사자내, 측정기구에 따른 재현도를 연구하였으며 심¹⁰⁾이 버니어 캘리퍼스를 이용하여 조사자간, 조사자내 재현도와 정확도를 연구하였다.

한편, 치아크기 계측시 사용하는 기구에 대한 연구에서 Hunter와 Priest¹¹⁾는 삼차원적으로 직접 계측하는 방법 중 버니어 캘리퍼스가 디바이더보다 더 정확하다고 하였고, Moorrees와 Reed¹²⁾는 계측방법 중 가장 좋은 방법은 버니어 캘리퍼스를 치아의 교합면에 평행하게 위치시키고 접촉점간에 가장 큰 근원심 폭경을 재는 것이라고 하였다.

치아크기 측정시 컴퓨터의 이용은 노력과 시간을 크게 절감할 수 있고 많은 수의 대상에서도 보다 다양한 분석을 간편히 할 수 있는 장점¹³⁾이 있어 컴퓨터를 이용한 여러가지 계측방법들이 연구되어 왔다. Van der Linden¹⁴⁾과 Begole¹⁵⁾이 컴퓨터를 이용하여 치아크기를 계측하는 방법을 소개한 이래 Speculand^{16,17)}, Lowey¹⁸⁾이 석고모형 분석시 여러가지 컴퓨터 계측방법을 비교연구한 바 있다. 그러나, 컴퓨터를 이용한 치아크기 계측시 재현도나 정확도에 관한 연구는 전무하며 임상에서 보편적으로 사용되고 있는 버니어 캘리퍼스와와의 비교연구 또한 매우 드문 실정이다.

이에 본 연구는 치아크기 계측시 컴퓨터 계측방법의 이용 가능성을 알아보고자 버니어 캘리퍼스와 컴퓨터를 이용한 계측치의 재현도와 정확도를 비교하고 계측방법에 따른 오차의 양과 발생원인을 살펴보기 위하여 시행되었다.

II. 연구대상 및 방법

가. 연구대상

본 연구는 치아밀집(crowding) 특징을 가지며 나이 17세 이상으로 모든 치아의 맹출이 완료되고 선천적 결손치나 형태이상의 치아, 치아인접면을 포함하는 치아우식증이나 수복물이 없는 20 조의 석고모형을 대상으로 하여 시행되었다. 각 연구모형은 알지네이트로 채득된 인상에 치과용 경석고를 부어 제작하였다.

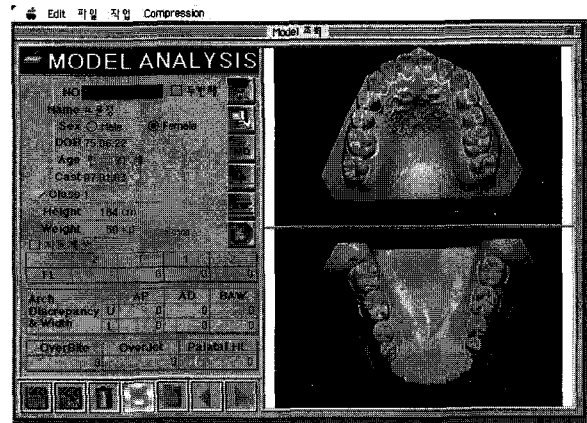


Fig. 1. Model analysis computer program.

나. 연구방법

1. 재현도 연구를 위한 치아크기 측정

치아크기 측정시 재현도를 알아보기 위하여 한 명의 치과 의사가 디지털 버니어 캘리퍼스와 컴퓨터를 사용하여 석고모형의 좌측 중절치부터 제 1 대구치까지 상하 모두 12개 치아의 근원심폭경을 0.01 mm 단위로 각각 2주 간격으로 2회 측정하였다.

컴퓨터를 이용한 치아크기 측정은 다음과 같이 실시하였다. 먼저 Power Macintosh 8500/180 computer에 연결된 캠코더를 하방에 위치시키고 유리판을 지면과 평행이 되게 상방에 위치시킨 후 그 위에 석고모형을 올려 놓아 교합면이 캠코더에 대해 평행이 되도록 하였다. 초점을 맞춘 다음 Apple video player와 Adobe photoshop을 이용하여 석고모형을 촬영하고 컴퓨터에 입력하였다. 이 때 유리판에 부착된 10 cm 길이의 자를 이용하여 calibration을 3회 시행하여 정확한 1:1 화면을 얻도록 하였으며 젠컴사에서 개발한 모형 분석 프로그램에서 개개 치아크기를 측정하였다¹⁹⁾(Fig. 1).

2. 정확도 연구를 위한 치아크기 측정

재현도 연구를 위하여 측정된 석고모형을 각 치아의 근원심 접촉점부위에서 개개 치아로 분리한 다음, 측정에 사용된 좌측 12개 치아의 근원심 폭경을 마이크로미터를 이용하여 0.01 mm 단위로 측정하여 개개 치아크기의 표준치로 삼았다(Fig. 2). 개개 치아 분리시에는 모형기저부에서 시행하여 치간 접촉점의 손상이 없도록 하였으며 접촉점이 명확한 경우만 본 연구대상으로 사용하였다. 모형상에서 2회 측정하여



Fig. 2. The use of a micrometer to obtain standard measurements.

얻은 수치와 개개 치아로 분리하여 측정된 표준치와의 차이를 치아크기 계측오차로 삼았으며 모형상 측정치가 표준치보다 큰 경우를 (+)로, 작은 경우를 (-)로 표시하였다.

3. 오차발생 원인에 관한 실험

- (1) 접촉점 이탈유무가 오차발생정도에 미치는 영향을 알아보기 위하여 전 치아를 절치, 견치, 소구치, 대구치의 4 가지 치아항목으로 나누고 각각의 치아를 근원심 접촉부위 중 접촉점이 이탈된 수에 따라 양측접촉, 편측이탈, 양측이탈치아의 세 군으로 분류하여 각각의 경우에서 치아크기 계측 오차의 평균 및 표준편차를 산출하였다.
- (2) 각 치아가 인접치에서 벗어난 정도를 계측하기 위하여 상하 석고모형의 occlusogram을 얻은 다음 각 치아의 근원심에서 인접치와의 접촉점간의 거리의 합을 구하였으며 이를 접촉점 이탈정도 (CPDI, contact point deviation index)로 표시하였다(Fig. 3).
- (3) 치관의 근원심 경사도 : TARG(Torque Angulation Reference Guide, Ormco Co. U.S.A)를 이용하여 각 치아의 순면에서 치관의 근원심 경사도를 측정하였다^{20,21}. Andrews²²의 방법에 따라 석고 모형상에 각 치아의 치관장축과 치관장축의 이등분점인 facial axis point (F.A. point)를 연필로 표시하였다. 이때 전치부와 소구치부위에서는 순면 또는 협면에서 가장 돌출된 mid-developmental ridge를, 구치부에서는 협면중앙부의 buccal groove를 치관장축으로 표시하였다. 모형을 swivel base

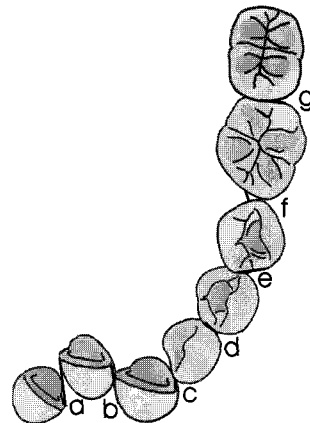


Fig. 3. CPDI(Contact point deviation index) was calculated in all left teeth. For example, the CPDI of left central incisor was calculated by the sum of a and b.

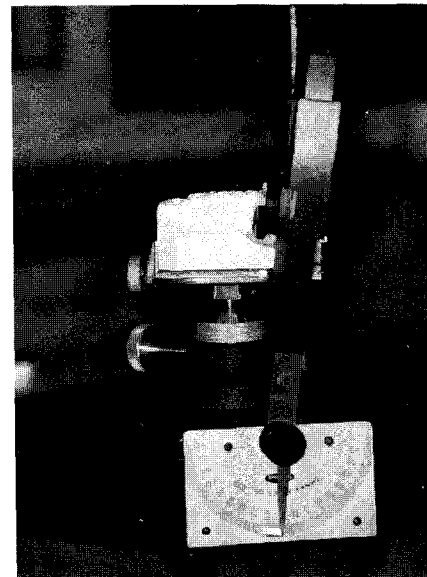


Fig. 4. TARG (Torque Angulation Reference Guide) machine used in this study to measure mesio-distal angulation of each tooth.

에 올려놓고 중절치와 양측 제 1 대구치의 F.A. point를 연결한 교합평면과 TARG machine의 base가 평행하게 swivel base를 조절하였다. Tooth gauge를 각 치아에 맞게 골라 장착하고 치관장축의 중간 1/3과 잘 일치시킨 다음 각도기상의 바늘이 가리키는 숫자를 치관의 근원심 경사도로 기록하였다. 이때 Andrews²²의 기준에 따라 치관의

치은쪽이 교합면에 수직인 선보다 원심에 위치하면 (+)로, 근심에 위치하면 (-)로 하였다(Fig. 4).

4. 통계처리

(1) 측정시기에 따른 치아크기 계측의 재현도를 알아보기 위하여 측정오차, 상관분석, 그리고 paired t-test의 세가지 방법을 사용하여 2주 간격으로 측정한 2 회 측정치를 치아별로 비교분석하였다. 측정오차(Sx)는 다음과 같이 Dahlberg의 식을 사용하였는데 D는 2 회 측정치간의 차이이며 N은 계측치의 수이다^{23,24}.

$$Sx = \sqrt{\frac{\sum D^2}{2N}}$$

(2) 치아크기 측정시 정확도를 알아보기 위하여 치아별 표준치와 2 회 측정한 계측치의 평균간에 paired t-test를 시행하였으며, 표준치에 비해 크거나 작게 재는 경향을 치아별로 알아보기 위하여 chi-square test를 시행하였다. 한편 치아별 오

차의 크기를 비교하기 위하여 ANOVA분석을 시행하고 Duncan's multiple range test로 사후검정하였다.

(3) 접촉점 이탈 유무가 오차발생정도에 미치는 영향을 알아보기 위하여 4 가지 치아항목에서 양측접촉, 편측이탈, 양측이탈치아 세 군간의 오차발생정도를 ANOVA로 비교하고 Duncan's multiple range test로 사후검정하였다. 또한 접촉점 이탈 정도, 치관 근원심 경사도가 치아크기 계측오차에 미치는 영향을 알아보기 위하여 각각의 경우에서 Pearson 상관분석을 시행하였다.

III. 연구 성적

가. 치아크기 측정 재현도에 관한 연구

버니어 캘리퍼스과 컴퓨터를 이용하여 20 조의 석고모형을 대상으로 상하 12 개 치아의 근원심 폭경을

Table 1. The method errors and the results of Pearson correlation analysis and paired t-test regarding the comparison of repeated measurements in each group (mm)

	Vernier Calipers					Computer				
	\bar{X}_1 (N=20)	\bar{X}_2 (N=20)	Method error	Correlation coefficient	Difference [§]	\bar{X}_1 (N=20)	\bar{X}_2 (N=20)	Method error	Correlation coefficient	Difference [§]
Maxillary										
central incisor	8.88	8.96	0.14	0.95	NS	8.70	8.73	0.22	0.90	NS
lateral incisor	7.49	7.50	0.08	0.98	NS	7.42	7.49	0.17	0.92	NS
canine	8.11	8.22	0.14	0.94	**	8.30	8.09	0.22	0.67	*
first premolar	7.73	7.77	0.10	0.92	NS	7.76	7.70	0.21	0.81	NS
second premolar	7.28	7.32	0.15	0.86	NS	7.54	7.50	0.23	0.73	NS
first molar	11.00	10.93	0.18	0.84	NS	11.21	11.26	0.26	0.69	NS
Mandibular										
central incisor	5.79	5.78	0.09	0.94	NS	5.72	5.82	0.28	0.69	NS
lateral incisor	6.31	6.42	0.17	0.81	*	6.32	6.24	0.28	0.71	NS
canine	7.10	7.18	0.12	0.95	*	6.98	7.06	0.19	0.88	NS
first premolar	7.66	7.65	0.15	0.86	NS	7.59	7.62	0.18	0.91	NS
second premolar	7.71	7.75	0.09	0.96	NS	7.74	7.91	0.30	0.80	NS
first molar	11.64	11.62	0.22	0.89	NS	12.06	12.04	0.22	0.90	NS

*p<0.05 ; **p<0.01.

§The results of paired t-test.

Table 2. Difference and comparison between experimental and standard measurements in each group (mm)

	Standard (N=20)	Vernier Calipers			Computer		
		Difference [§]	SD	Significance	Difference [§]	SD	Significance
Maxillary							
central incisor	8.89	0.11	0.15	NS	0.31	0.27	NS
lateral incisor	7.51	0.12	0.14	NS	0.28	0.21	NS
canine	8.09	0.16	0.13	NS	0.29	0.21	NS
first premolar	7.82	0.17	0.11	NS	0.21	0.22	NS
second premolar	7.43	0.23	0.13	*	0.20	0.17	NS
first molar	10.92	0.21	0.29	NS	0.35	0.34	**
Mandibular							
central incisor	5.81	0.17	0.30	NS	0.32	0.31	NS
lateral incisor	6.40	0.06	0.07	NS	0.29	0.24	NS
canine	7.21	0.13	0.08	*	0.29	0.19	**
first premolar	7.66	0.07	0.08	NS	0.29	0.18	NS
second premolar	7.78	0.16	0.13	NS	0.27	0.23	NS
first molar	11.91	0.33	0.27	**	0.32	0.21	NS

* $p < 0.05$; ** $p < 0.01$.[§] Absolute value of difference between the mean of repeated measurements and standard measurement.

2주 간격으로 2 회 측정된 결과 각 치아의 평균값을 산출하였다. 1 회 측정치와 2 회 측정치간의 측정오차를 산출한 결과 버니어 캘리퍼스는 0.08-0.22 mm, 컴퓨터는 0.17-0.30 mm 로 나타나 컴퓨터를 사용한 경우의 측정오차가 버니어 캘리퍼스를 사용한 경우보다 다소 높게 나타났다. 피어슨 상관분석을 통하여 재현도를 살펴본 결과 치아에 따라 다소 차이가 있으나 버니어 캘리퍼스의 경우 0.81 이상, 컴퓨터는 0.67 이상으로 두가지 경우 모두 높은 수치를 보여 재현도가 높음을 알수 있었다. 또한 1, 2 회 측정치를 paired t-test로 비교한 결과 버니어 캘리퍼스를 사용한 경우 12 개 치아 중 3 개의 치아에서 유의한 차이가 나타났으며 컴퓨터의 경우에는 1 개의 치아에서 차이가 나타났다($p < 0.05$)(Table 1).

나. 치아크기 측정 정확도에 관한 연구

각 방법의 정확도를 알아보기 위하여 모형상에서 2 회 측정하여 얻은 수치의 평균과 개개 치아로 분리하여 측정된 표준치와의 사이에 paired t-test를 각각

시행한 결과, 버니어 캘리퍼스는 12 개 중 3 개의 치아에서 유의한 차이가 있었으며 컴퓨터는 12 개 중 2 개의 치아에서 차이가 나타났다($p < 0.05$)(Table 2).

표준치에 비해 크거나 작게 재는 경향을 치아별로 알아보기 위하여 chi-square test를 시행한 결과, 버니어 캘리퍼스를 사용한 경우 상악 제 1 대구치는 표준치에 비해 크게, 하악 제 1 대구치는 표준치에 비해 작게 재는 경향을 보였으며, 컴퓨터의 경우 상악 제 1 대구치 모두 표준치에 비해 크게 재는 경향을 보였다. 상악 제 2 소구치에서는 버니어 캘리퍼스를 사용한 경우 작게 재는 경향을, 컴퓨터를 사용하는 경우 크게 재는 경향을 보였다($p < 0.05$)(Table 3).

각 치아별 오차의 크기를 비교하기 위하여 ANOVA분석을 시행하고 Duncan's multiple range test로 사후검정한 결과, 버니어 캘리퍼스로 측정시에는 하악 제 1 대구치가 가장 큰 오차를 보였으며 치아별로 오차정도가 다양하게 나타났다($p < 0.05$). 컴퓨터의 경우에는 오차의 양은 버니어 캘리퍼스 경우보다 크게 나타났으나 치아별 오차정도의 차이는 보이지 않았다($p > 0.05$)(Table 4).

Table 3. The comparison of the tendency that experimental measurement is larger or smaller than standard according to the tooth

		Maxillary teeth			Mandibular teeth		
		Vernier Calipers	Computer	Significance	Vernier Calipers	Computer	Significance
Central incisor	+	9	9	NS	12	10	NS
	-	11	11		8	10	
Lateral incisor	+	8	7	NS	11	8	NS
	-	12	13		9	12	
Canine	+	11	15	NS	6	4	NS
	-	9	5		14	16	
First premolar	+	6	8	NS	10	9	NS
	-	14	12		10	11	
Second premolar	+	5	14	**	6	8	NS
	-	15	6		14	12	
First molar	+	11	18	*	4	14	**
	-	9	2		16	6	

* $p < 0.05$; ** $p < 0.01$.

The content of this table shows the number of case.

+: In case that experimental measurement is larger than standard.

-: In case that experimental measurement is smaller than standard.

Table 4. The comparison of the amount of measuring error according to the tooth in each group

		Vernier Calipers			Computer		
		Mean	SD	Duncan's grouping	Mean	SD	Duncan's grouping
Maxillary	central incisor	0.11	0.15	BC	0.31	0.27	A
	lateral incisor	0.12	0.14	BC	0.28	0.21	A
	canine	0.16	0.13	BC	0.29	0.21	A
	first premolar	0.17	0.11	BC	0.21	0.22	A
	second premolar	0.23	0.13	BA	0.20	0.17	A
	first molar	0.21	0.29	B	0.35	0.34	A
Mandibular	central incisor	0.17	0.30	BC	0.32	0.31	A
	lateral incisor	0.06	0.07	C	0.29	0.24	A
	canine	0.13	0.08	BC	0.29	0.19	A
	first premolar	0.07	0.08	C	0.29	0.18	A
	second premolar	0.16	0.13	C	0.27	0.23	A
	first molar	0.33	0.27	A	0.33	0.21	A

Means with the same letter are not significantly different at $p < 0.05$.

Table 5. Comparison of measurement errors according to the presence of deviation in each tooth type

group	N	Vernier Calipers				Computer			
		Mean	SD	Duncan's grouping	p	Mean	SD	Duncan's grouping	p
Incisor									
both side contact	8	0.17	0.12	A		0.17	0.23	A	
one side deviated	37	0.15	0.25	A	0.361	0.32	0.27	A	0.201
both side deviated	35	0.09	0.12	A		0.32	0.30	A	
Canine									
both side contact	5	0.20	0.18	A		0.46	0.24	A	
one side deviated	24	0.18	0.12	A	0.671	0.27	0.21	A	0.162
both side deviated	11	0.15	0.17	A		0.35	0.35	A	
Premolar									
both side contact	40	0.20	0.14	A		0.30	0.24	A	
one side deviated	23	0.20	0.13	A	0.040	0.22	0.20	A	0.833
both side deviated	17	0.09	0.09	B		0.28	0.20	A	
Molar									
both side contact	26	0.31	0.28	A		0.36	0.31	A	
one side deviated	14	0.25	0.18	A	0.944	0.38	0.34	A	0.508

Means with the same letter are not significantly different at $p < 0.05$.

Table 6. The results of correlation analysis of measuring errors with contact point deviation index (CPDI) and mesiodistal angulation of crown

Variable	Vernier Calipers		Computer	
	r	p	r	p
CPDI	-0.114	0.077	0.152	0.018*
Angulation	-0.051	0.430	0.130	0.045*

* $p < 0.05$.

test로 사후 검정한 결과, 컴퓨터에서는 유의한 차이를 보이지 않았지만 버니어 캘리퍼스로 측정된 경우는 모든 치아에서 양측이탈치아가 오차가 작은 경향을 보였으며 소구치에서는 통계적으로 유의한 차이를 나타냈다(Table 5).

접촉점 이탈정도, 치관 근원심 경사도가 치아크기 계측오차에 미치는 영향을 알아보기 위하여 각각의 경우에서 Pearson 상관 분석을 시행한 결과, 버니어 캘리퍼스로 측정된 경우 유의한 상관관계를 보이지 않았으나 컴퓨터로 측정한 경우 약한 순상관관계를 보였다($p < 0.05$)(Table 6).

다. 오차발생원인에 관한 연구

접촉점 이탈 유무가 오차발생정도에 미치는 영향을 알아보기 위하여 절치, 견치, 소구치, 대구치의 4가지 치아항목에서 양측접촉, 편측이탈, 양측이탈치아의 3가지로 분류한 다음 세 군간의 오차발생정도를 ANOVA로 비교하고 Duncan's multiple range

IV. 총괄 및 고찰

컴퓨터를 이용하는 경우 시간이 절감될 뿐만 아니라 보다 다양한 분석이 가능하므로¹³⁾ 여러 선학들이 컴퓨터를 이용하여 치아크기 계측을 시도하여 왔다¹⁴⁻¹⁸⁾. 그러나, 이제까지의 연구에서는 단순히 대량의 데이터를 분석하기 위한 연구방법의 하나로 컴퓨터

를 사용하였으며¹⁹⁾ 실제 컴퓨터를 사용하는 경우와 직접 버니어 캘리퍼스로 측정하는 방법과의 재현도나 정확도에 있어서 비교연구는 드물다. 따라서 본 연구에서는 치아크기 측정시 컴퓨터 측정방법의 이용 가능성을 알아보려 버니어 캘리퍼스와 컴퓨터를 이용한 측정치의 재현도와 정확도를 비교하고 측정 방법에 따른 오차의 양과 발생원인을 알아보았다.

Little²⁵⁾은 치아밀집의 양을 양적으로 나타내는 irregularity index를 고안하였는데 이것은 각 하악 전치의 해부학적 접촉점으로 부터 인접치의 해부학적 접촉점까지의 변위의 길이를 측정하여 다섯 부위의 변위의 합을 구하는 것이다. 버니어 캘리퍼스로 측정하는 경우 치아밀집이 치아크기 측정오차와 연관이 있는지를 알아보기 위해 심¹⁰⁾은 치아크기 측정오차와 irregularity index간에 상관분석을 시행한 바 있는데 유의한 상관관계가 없는 것으로 나타났다. 본 연구에서는 치아밀집과 오차정도의 상관성을 알아보기 위해 irregularity index의 한 변형으로써 각 치아당 그 치아의 근원심 접촉부위에서 인접치와의 접촉점간의 거리를 합한 접촉점 이탈정도(CPDI)를 구해 오차와 비교하였고 또한 모든 치아를 근원심 접촉부위 중 접촉점이 이탈한 수에 따라 양측접촉, 편측이탈, 양측이탈치아의 세 군으로 나누고 세 군간의 오차정도를 비교하였다.

2 회 측정에 대한 재현도 비교시 측정오차는 버니어 캘리퍼스보다 컴퓨터에서 다소 크게 나타났으나 그 오차정도는 0.2-0.3 mm로 임상적 의미가 없는 것으로 해석할 수 있었다. 2 회 측정치의 상관분석 결과 상관계수는 버니어 캘리퍼스가 컴퓨터보다 더 높은 것으로 나타났으나 두 경우에서 모두 높은 상관관계를 보였다. 또한 paired t-test 결과 버니어 캘리퍼스를 사용한 경우 12 개 치아 중 3 개의 치아에서 유의한 차이가 나타났으며 컴퓨터의 경우에는 1 개의 치아에서 차이가 나타났다. 이것은 한 조의 석고모형에서 비교시 차이가 나타나더라도 다량의 데이터를 같이 비교할 때는 재현도에서 문제가 되지 않는다는 것을 보여주고 있다. 따라서 본 연구 결과 재현도에 있어서 컴퓨터가 버니어 캘리퍼스에 비해 떨어지지 않음을 알 수 있었다.

치아크기 측정의 정확도를 알아보기 위하여 표준치와 비교한 결과, 버니어 캘리퍼스를 사용한 경우 12 개 중 3 개의 치아에서 유의한 차이가 있었으며 컴퓨터의 경우에는 12 개 중 2 개의 치아에서 차이가 나타났다. 심¹⁰⁾은 버니어 캘리퍼스로 측정한 측정치와 표

준치와의 차이의 평균을 비교 분석한 결과 조사자별, 치아별로 두드러진 차이를 보여 재현도와는 달리 정확도에서 오차발생양상이 다양하다고 하였는데 이때 표준치로는 각 치아를 근원심 접촉점 부위에서 절단하여 마이크로미터로 치아의 최대 근원심 폭경을 재는 것으로 하였다. 그러나 본 연구에서는 표준치 측정전에 별도로 10 조의 정상 교합자의 접촉점 위치를 관찰하고 Wheeler²⁾가 제시한 접촉점 위치를 숙지하여 실제 근원심 접촉점에 가까운 부위에서 치아폭경을 측정하여 보다 정확한 표준치를 얻고자 노력하였다. 표준치와 버니어 캘리퍼스 또는 컴퓨터 측정치와 비교를 시행한 결과 정확도는 두 방법에서 모두 비슷하게 높은 것으로 나타났다.

표준치에 비해 크거나 작게 재는 경향을 치아별로 알아보기 위하여 chi-square 분석을 시행한 결과 버니어 캘리퍼스의 경우 상악 제 1 대구치는 표준치에 비해 크게, 하악 제 1 대구치는 작게 재는 경향을 보였으며 컴퓨터의 경우 상악 제 1 대구치 모두 표준치에 비해 크게 재는 경향을 보였다. 버니어 캘리퍼스의 경우 상악 제 1 대구치는 표준치에 비해 크게 하악 제 1 대구치는 작게 재는 경향은 버니어 캘리퍼스를 사용하여 치아크기 측정오차를 연구한 심¹⁰⁾의 결과와 일치하였다. 심¹⁰⁾은 상악 제 1 대구치는 평행사변형 같은 모습이고 하악 제 1 대구치는 육각형모습을 나타내어 표준치에 비해 상악 제 1 대구치는 크게, 하악 제 1 대구치는 작게 재는 경향을 보인다고 설명하였다. 한편 컴퓨터를 사용하여 치아크기를 측정한 경우에는 표준치에 비해 크게 재는 경향을 보였는데 이것은 컴퓨터로 측정시 "object illumination"과 "landmark identification"에서 체계적 오류가 발생한 까닭으로 사료되었다¹⁸⁾.

치아별로 오차가 나타난 정도를 비교한 결과 버니어 캘리퍼스로 측정시에는 하악 제 1 대구치가 가장 큰 오차를 보였으며 치아별로 오차정도가 다양하게 나타난 반면, 컴퓨터는 치아별 오차정도의 차이를 보이지 않았다. 버니어 캘리퍼스로 측정시 심¹⁰⁾은 전치부에서보다 구치부에서 인접치와의 접촉점이 넓어 근원심 측정오차가 나타날 가능성이 높고 대부분 구치에서는 인접치와의 접촉점 이탈이 없어 내경을 재는 팁이나 외경을 재는 팁의 사용 여부와 관계없이 상하방 측정오차가 쉽게 나타난다고 하여 하악 제 1 대구치에서 오차가 가장 큼을 증명한 바 있어 본 연구 결과와 일치된 소견을 보였다. 한편, 컴퓨터를 사용한 경우 오차의 양은 버니어 캘리퍼스보다 다소 컸

으나 치아별로 오차정도의 차이는 보이지 않았다. Yen²⁶⁾은 삼차원적인 물체를 직접적으로 계측하는 것은 오차가 크고 다양하므로 이차원적으로 옮겨 계측하면 더 쉽고 비슷한 결과를 제공할 수 있다고 하였다. 본 연구에서 버니어 캘리퍼스 사용시 치아별로 오차가 다양하게 나타난 것은 버니어 캘리퍼스의 팁을 사용할 때 각 치아의 모양이나 접촉점의 위치에 따라 외경용이나 내경용의 사용여부가 다를 수 있고 접근 방향이 교합면 방향이나 협측면 방향으로 다를 수 있기 때문인 것으로 생각되었다. 반면, 컴퓨터 사용시에는 치아크기가 항상 같은 이차원적인 평면에서 치아의 접촉점간을 이은 선의 길이로써 구해지므로 모든 치아에서 오차가 비슷하게 나타난 것으로 추정되었다.

접촉점 이탈 유무가 오차발생정도에 미치는 영향을 알아보기 위하여 각 치아 항목에서 양측접촉, 편측이탈, 양측이탈치아 세 군간의 오차를 비교한 결과 컴퓨터에서는 유의한 차이를 보이지 않았지만 버니어 캘리퍼스로 측정된 경우는 모든 치아에서 양측접촉치아, 편측이탈치아, 양측이탈치아 순으로 오차가 작아지는 경향을 보였으며, 소구치에서는 유의한 차이를 보이면서 양측이탈치아에서 오차가 가장 작게 나타남을 보였다. 버니어 캘리퍼스로 측정하는 경우에는 밀집이 있을 때 캘리퍼스의 팁을 정확히 위치시키지 못할 경우가 있는 반면 과다한 밀집으로 인해 접촉점이 이탈되는 경우 오히려 캘리퍼스를 정확히 위치시킬 수 있어 오차가 작아질 수 있음을 알 수 있었다. 한편, 컴퓨터에서는 이탈정도에 따라 이차원적인 평면상에서 벗어났을 때에는 오히려 접촉점 위치를 파악하기 어려운 경우가 있으므로 치아의 접촉점 이탈이 오차감소에 영향을 주지 않은 것으로 생각된다.

접촉점 이탈정도 및 치관의 근원심 경사도와 오차정도의 상관성을 살펴본 결과 버니어 캘리퍼스로 측정된 경우 유의한 상관관계를 보이지 않았으나 컴퓨터로 계측한 경우 약한 순상관관계를 보였다. Lowey¹⁸⁾는 컴퓨터를 사용하여 이차원적으로 치아크기를 계측할 경우 그 오차는 치아의 총생이나 경사도에 영향을 받는 반면, 버니어 캘리퍼스는 모형에 팁을 직접 위치시킬 수 있으므로 영향을 받지 않는다고 하였고, Burstone²⁷⁾은 치아의 경사도가 거의 정상이면 이차원적으로 계측하는 것이 다른 방법보다 더 정확하다고 하였다. 본 연구에서 컴퓨터로 계측한 경우에는 접촉점 이탈정도와 치관의 근원심 경사도가 커짐에 따라 이차원적인 평면상에서 접촉점이 벗어나는

경우 접촉점의 위치규명이 어려워지므로 오차가 커진 것으로 사료된다.

본 연구 결과 컴퓨터는 버니어 캘리퍼스와 비교시 재현도와 정확도에서 떨어지지 않으며 오차 발생의 양과 원인이 두 방법에서 서로 다르지만 임상적으로 문제가 되지 않으므로 컴퓨터를 임상에 사용하는 것이 가능함을 알 수 있었다. 본 연구에서 컴퓨터를 이용하여 이차원적으로 계측시 정확도와 오차 발생원인에 대한 연구가 이루어졌으나, 컴퓨터를 이용하여 삼차원적으로 계측하는 경우에서의 연구도 필요하리라 생각한다.

V. 결 론

치아밀집치열 특징을 지니며 모든 치아의 맹출이 완료된 상하악 20 조의 석고모형의 좌측 중절치부터 제 1 대구치까지 12 개의 치아를 대상으로 하여, 각 치아의 근원심폭경을 버니어 캘리퍼스와 컴퓨터를 이용하여 2주 간격으로 2 회 측정하여 실험측정치를 얻은 다음, 측정에 이용된 석고모형을 근원심접촉점 부위에서 개개치아로 분리한 후, 마이크로미터를 이용하여 측정된 표준치와 비교, 분석하였다. 계측시 오차의 원인을 알아보기 위하여 상하악의 occlusogram을 얻어 각 치아의 접촉점 이탈유무 및 정도를 구하고, TARG를 이용하여 각 치아의 근원심경사도를 계측한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 2 회 측정에 대한 재현도 비교시 버니어 캘리퍼스를 사용한 경우 12 개 치아 중 3 개의 치아에서 유의한 차이가 나타났으며 컴퓨터의 경우에는 1 개의 치아에서 차이가 나타났다.
2. 치아크기 계측의 정확도를 알아보기 위하여 표준치와 비교한 결과, 버니어 캘리퍼스를 사용한 경우 12 개중 3 개의 치아에서 유의한 차이가 있었으며 컴퓨터의 경우에는 12 개중 2 개의 치아에서 차이가 나타났다.
3. 버니어 캘리퍼스를 사용한 경우 상악 제 1 대구치는 표준치에 비해 크게, 하악 제 1 대구치는 표준치에 비해 작게 재는 경향을 보였으며 컴퓨터의 경우 상하 제 1 대구치 모두 표준치에 비해 크게 재는 경향을 보였다.
4. 버니어 캘리퍼스로 계측시에는 하악 제 1 대구치가 가장 큰 오차를 보였으며 치아별로 오차정도가 다양하게 나타난 반면, 컴퓨터의 경우 치아별 오차

정도의 차이를 보이지 않았다.

5. 접촉점 이탈정도 및 치관의 근원심 경사도와 오차 정도의 상관성을 살펴본 결과 버니어 캘리퍼스 측정된 경우 유의한 상관관계를 보이지 않았으나 컴퓨터로 계측한 경우 약한 순상관관계를 보였다.

이상의 결과는 모형분석을 위한 치아크기 계측시 컴퓨터 이용이 가능함을 시사하였다.

참 고 문 헌

- Black GV. Descriptive anatomy of the human teeth. 4th ed. Philadelphia: SS White Dental Mfg. Co. 1902.
- Wheeler RC. Dental anatomy, physiology and occlusion. 6th ed. Philadelphia: W.B.Saunders 1971:95-7, 101-9.
- Ballard ML. Asymmetry in tooth size: A factor in the etiology, diagnosis and treatment of malocclusion. Angle Orthod 1944;14:67-71.
- Neff CW. Tailored occlusion with the anterior coefficient. Am J Orthod 1949;35:309-14.
- Lundström A. Intermaxillary tooth width ratio and tooth alignment and occlusion. Acta Odont Scand 1954;12:265-92.
- Bolton WA. Disharmony in tooth size and its relation to the analysis and treatment of malocclusion. Angle Orthod 1958;28:113-30.
- Crosby DA, Alexander CG. The occurrence of tooth size discrepancies among different malocclusion groups. Am J Orthod Dentofac Orthop 1989;95:457-61.
- Freeman JE. Frequency of Bolton tooth-size discrepancies among orthodontic patients. Am J Orthod Dentofac Orthop 1996;110:24-7.
- Shellhart WC. Reliability of the Bolton tooth-size analysis when applied to crowded dentitions. Angle Orthod 1995;65:327-34
- 심은주. 치아크기 계측오차에 관한 연구. 전남대학교 대학원 석사학위 청구논문 1998.
- Hunter WS, Priest WR. Errors and discrepancies in measurement of tooth size. J Dent Res 1960;39:405-14.
- Moorrees LFA, Reed RB. Biometrics of crowding and spacing of the teeth in the mandible. Am J Phys Anthropol 1954;12:77-88.
- 배세복, 경희문, 권오원. 치과 교정학 분야에서 COMPUTER 이용에 관하여. 대치교정지 1989;19:113-22.
- Van der Linden FPGM, Boersma H, Zelders T, Peters KA, Raaben JH. Three-dimensional analysis of dental casts by means of the optocom. J Dent Res 1972;51:1100.
- Begole EA, Cleall JF, Gorny HC. A computer system for the analysis of dental casts. Angle Orthod 1981;51:252-8.
- Speculand B, Butcher GW, Stephens CD. Three dimensional measurement: the accuracy and precision of the reflex metrograph. Br J Oral Maxillofac Surg 1988;26:265-75.
- Speculand B, Butcher GW, Stephens CD. Three dimensional measurement: the accuracy and precision of the reflex microscope. Br J Oral Maxillofac Surg 1988;26:276-83.
- Lowey MN. The development of a new method of cephalometric and study cast mensuration with a computer controlled, video image capture system. Part II: study cast mensuration. Br J Orthod 1993;20:315-31.
- 서정은, 백형선. 청소년 석고모형분석에 의한 하악절치 형태와 치아밀집의 상관관계에 관한 연구. 대치교정지 1995;25:593-604.
- 김영립, 경희문, 성재현. 정상교합자 설측치관형태 및 설측치열궁 형태에 관한 연구. 대치교정지 1995;25:209-21.
- 유형석, 박영철. 한국인 성인 정상교합자 치관의 설측면 특징에 관한 연구. 대치교정지 1992;22:675-89.
- Andrews LF. The six keys to normal occlusion. Am J Orthod 1972;62:296-309.
- Dalberg G. Statistical methods for medical and biological students. London: George Allen and Unwin Ltd. 1940:122-3.
- Hall DL, Bollen AM. A comparison of sonically derived and traditional cephalometric values. Angle Orthod 1997;67:365-72.
- Little RM. The irregularity index: A quantitative score of mandibular anterior alignment. Am J Orthod 1975;68:554-63.
- Yen C. Computer-aided space analysis. J Clin Orthod 1991;25:236-8.
- Burstone CJ. JCO interviews on the uses of the computer in orthodontic practice (Part 2). J Clin Orthod 1979;13:539-51.

- ABSTRACT -

Reproducibility and accuracy of tooth size measurements obtained by the use of computer

Eun-Jeong Kim, Hyeon-Shik Hwang

Department of Orthodontics, College of Dentistry, Chonnam National University

The purpose of this study was to evaluate the availability of computer system for the measurement of tooth size in the model analysis through the comparison of two measurements: One was to use a computer; and the other was to use vernier calipers. Twenty sets of casts were used, which showed a moderate degree of crowding and full eruption of all teeth. The mesio-distal width of 12 teeth from the left central incisor to the left first molar at each set of the casts were measured twice with vernier calipers and a computer respectively. This measurement was repeated two weeks later. First, for the reproducibility analysis, the two computer measurements were compared then the vernier calipers measurements were compared. Second, all the teeth were separated into the region of mesiodistal contact points and its width was measured by a micrometer to obtain standard measurements. For the accuracy analysis, these standard measurements were compared with the measurements from the dental casts using two methods. The difference between them was defined as the measurement error. To investigate the cause of measurement error, an examination was made for the presence and degree of contact point deviation on each tooth from the upper and lower occlusograms, and the mesio-distal angulation of each tooth was measured with TARG. Following results were obtained through statistical analysis.

1. In the analysis for reproducibility; the measurements with vernier calipers showed significant differences in three out of twelve teeth while the computer measurements showed significant differences in one out of twelve teeth.
2. In the analysis for accuracy; compared with the standard measurements, the measurements with vernier calipers showed significant differences in three out of twelve teeth while the computer measurements showed significant differences in two out of twelve teeth.
3. Compared with the standard measurements, the measurements with vernier calipers were apt to be larger at the upper first molar, and smaller at the lower first molar. The computer measurements, however, were apt to be larger at both upper and lower first molars.
4. The measurements with vernier calipers showed the largest error at the lower first molar and the degree of error was variable according to the tooth while the difference of error was small in the computer measurements.
5. In the analysis for the correlation of the degree of measurement errors with the contact point deviation index and the mesio-distal crown angulation of each tooth, the measurements with vernier calipers did not show significant correlation while the measurements with computer showed slight positive correlations.

The results of this study indicate that a computer system may be useful for the measurement of tooth size in the model analysis.

KOREA. J. ORTHOD. 1998 ; 29 : 563-573

※ **Key words** : computer system, tooth size, reproducibility, accuracy