

치아크기 계측오차에 관한 연구

심은주¹⁾ · 황현식²⁾ · 문재동³⁾

본 연구는 석고모형 분석 중 치아크기 측정시 발생할 수 있는 오차를 줄이고 측정의 재현도와 정확성을 향상시키는 데 도움이 될 수 있는 방안을 모색하고자 시행되었다. 치아밀집 치열 특징을 지닌 상하악 20조의 석고모형을 대상으로 하여, 5명의 조사자가 각 치아의 근원심 폭경을 디지털 버니어 캘리퍼스를 사용하여 2주 간격으로 3회 측정하여 실험 측정치를 얻은 다음, 측정에 이용된 석고모형을 근원심 접촉점 부위에서 개개 치아로 분리한 후, 마이크로미터를 이용하여 측정한 표준치와 비교·분석하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 3회 측정에 따른 재현도는 조사자별 치아별로 큰 차이를 나타내지 않았다.
2. 표준치와 비교한 계측오차는 조사자별 또는 치아별로 차이를 보였다.
3. 표준치와의 오차는 전치에서 구치로 갈수록 증가하여 제1대구치에서 가장 큰 차이를 나타내었다.
4. 표준치와 비교시 전반적으로 작게 측정하는 경향을 보였으며 이에 대한 치아별, 조사자별 차이가 두드러졌다.
5. 전반적인 오차 발생 정도는 치아밀집 정도와 유의한 상관성을 보이지 않았다.

이상의 결과는 교정중례 분석시 치아크기 계측오차 발생 가능성의 고려가 필요함을 시사하였다.

주요단어 : 치아크기, 재현도, 정확도, 계측오차

I. 서 론

치아크기 측정은 부정 교합의 진단 및 치료 계획 수립을 위한 필수적인 검진과정이다. 석고모형을 통하여 측정되는 근원심 치아크기는 치열궁크기와의 부조화(arch length discrepancy)를 계산하는 기초 자료로 사용되는 바 발치분석에 큰 영향을 미칠 뿐 아니라 상하악 치아크기 비율 계산을 통하여 교정치료 후 상하악치아의 교합 양상을 예측하는데도 큰 도움이 된다.

일찍이 Ballard¹⁾는 치열의 좌우 대칭 정도 예측을 위하여 좌우측 치아크기를 비교할 것을 주장하였으며, Neff²⁾는 전치부 치아크기를 상하간에 비교함으로써

전치부 피개 정도를 예측할 수 있음을 보고한 바 있다. Lundström³⁾도 상하악간의 치아크기 비율 측정을 통하여 치료후 치아배열과 교합을 예측할 수 있음을 주장하였으며, Bolton⁴⁾은 상하악의 올바른 교합 형성을 위하여 상하악 치아크기 비율을 계산할 것을 제시하였다. 최근 Crosby와 Alexander⁵⁾는 109명의 환자를 대상으로 Bolton 비율을 검사한 결과 평균에서 많이 벗어나는 경우가 상당히 있음을 지적하였으며, Freeman등⁶⁾ 또한 157명을 대상으로 한 연구에서 치아크기의 이상이 많음을 보고하면서 교정환자에서 치아크기 측정의 필요성을 강조한 바 있다.

이와 같이 교정진단시 치아크기 측정 필요성에 대한 연구는 많이 있어온 반면 치아계측시 발생하는 오차에 관한 연구는 매우 미미한 실정이다. 15조의 석고모형을 대상으로 4명의 술자가 2주 간격으로 2회 측정한 다음, 조사자간 오차와 조사자내 오차를, 그리고

1) 전남대학교 치과대학 교정학교실, 대학원생

2) 전남대학교 치과대학 교정학교실, 부교수

3) 전남대학교 의과대학 산업의학교실, 부교수

측정기구에 따른 재현도를 비교한 Shellhart⁷⁾의 연구가 유일하다. 더욱이 치아크기 측정치를 실제 치아 크기와 비교한 연구는 전무한 바, 보다 정확한 치아크기 측정을 위하여 치아크기 측정에 대한 재현도와 함께 정확도에 관한 연구가 필요한 실정이다.

본 연구는 치아크기 측정시 오차 발생 양상을 치아별 조사자별로, 그리고 재현도와 정확도를 구분하여 파악함으로써 교정진단 및 치료계획 수립에 도움이 되고자 시행하였다.

II. 연구 대상 및 방법

가. 연구 대상

본 연구의 대상으로 치아밀집 치열 특징을 가진 20조의 석고모형을 사용하였다. 각 연구모형은 알지네이트로 채득된 인상에 치과용 경석고를 부어 제작하였다.

나. 연구 방법

1. 재현도 연구를 위한 치아크기 측정

치아크기 측정시 재현도를 조사자별, 치아별로 파악하기 위하여 5명의 치과 의사가 석고모형의 좌측 중절치부터 제1대구치까지 상하 모두 12개 치아의 최대 근원심 폭경을 디지털 버니어 캘리퍼스를 사용하여 0.01 mm 단위로 측정하였다. 측정의 재현도를 알아보기 위하여 2주 간격으로 3회 반복 측정 기록하였다.

2. 정확도 연구를 위한 치아크기 측정

재현도 연구를 위하여 3회 측정된 석고모형을 치아 접촉점 부위에서 개개 치아로 분리한 다음, 측정에 사용된 좌측 12개 치아의 근원심 폭경을 마이크로미터를 이용하여 0.01 mm 단위로 측정하여 개개 치아크기의 표준치로 삼았다. 개개 치아 분리시에는 모형기저부에서 시행하여 치간 접촉점의 손상이 없도록 하였으며 접촉점이 명확한 경우만 본 연구대상으로 사용하였다. 모형상에서 측정하여 얻은 수치와 개개 치아로 분리하여 측정한 표준치와의 차이를 치아크기 계측오차로 삼았으며 모형상 측정치가 표준치보다 큰 경우를 +로, 작은 경우를 -로 하였다. 한편, 치아밀집 정도가 치아크기 측정오차에 미치는 영향을 파악하기 위하여 측정에 사용된 좌측 6개 치아사이의 5개 접촉점 편위의 합을 상하악별로 구하였다.

3. 통계처리

치아크기 측정경향을 알아보기 위하여 5명의 조사자가 20조의 석고모형을 대상으로 측정한 측정치의 평균을 측정시기와 치아별로 구하였으며 3회 측정의 평균 및 표준편차를 치아별로 구하였다. 3회 측정 때 따른 재현도를 조사자별, 치아별로 알아보기 위하여 F-test와 유관내 상관분석(intraclass correlation analysis)을 시행하였다.

치아크기 계측오차 발생 경향을 알아보기 위하여 모형상 측정치와 표준치와의 차이의 평균을 측정시기별, 조사자별, 그리고 치아별로 구하였으며 3회 측정의 평균치 및 표준편차를 치아별로 산출하였다. 치아크기 계측오차 발생 정도의 조사자간 차이를 알아보기 위하여 치아별로 분산검정을 시행하였다. 표준치에 대한 모형상 측정치의 크고 작은 성향을 파악하기 위하여 표준치보다 크게 측정한 경우와 작게 측정한 경우를 각각 +, -로 표시하여 조사자별, 치아별로 구분하였으며 이러한 오차 발생 방향이 치아별로 그리고 조사자별로 차이가 있는지 검정하기 위하여 각각 χ^2 -test를 시행하였다. 한편, 치아밀집 정도가 오차 발생에 미치는 영향을 파악하기 위하여 피어슨 상관분석을 시행하여 치아밀집 정도와의 상관관계를 치아별로 그리고 상하악별로 구하였다.

III. 연구 결과

가. 치아크기 측정 재현도에 관한 연구

5명의 조사자(A, B, C, D, E)가 20조의 석고모형을 대상으로 얻은 측정치의 평균을 측정시기와 치아별로 구한 결과 표1과 같은 결과가 나왔다. 시기에 따른 측정치의 표준편차는 0.4에서 0.7 mm 범위내에서 치아별로 다소의 차이를 보였으며, 상하악 제1대구치와 상악 중절치에서 크게, 상악 견치와 제1대구치를 제외한 하악 전 치아에서 작게 나타나는 경향을 보였다(Table I).

3회 측정에 따른 재현도를 F-test를 통하여 검정한 결과 모든 조사자에서, 그리고 전 치아에서 유의성이 나타나지 않아 3회에 걸쳐 얻은 측정치의 측정시기별 차이는 없는 것으로 나타났다(Table II). 3회 측정에 따른 재현도를 유관내 상관분석으로 검정한 결과 모든 조사자에서, 그리고 전 치아에서 0.6 이상의 높은 상관관계를 보여 재현도는 우수한 것으로 나타났으며 조사자별, 치아별로 두드러진 차이를 나타내지 않았다(Table III).

Table I. The mean and standard deviation of experimental measurements (N=20)

Tooth	Investigator											
	A				B				C			
	1	2	3	Mean±SD	1	2	3	Mean±SD	1	2	3	Mean±SD
<i>Maxillary</i>												
Central incisor	8.75	8.48	8.64	8.62±0.70	8.87	8.77	8.83	8.82±0.67	8.78	8.82	8.81	8.81±0.68
Lateral incisor	7.24	7.37	7.25	7.29±0.53	7.42	7.48	7.48	7.46±0.67	7.40	7.39	7.43	7.41±0.56
Canine	8.04	8.00	8.00	8.01±0.41	8.22	8.21	8.11	8.18±0.49	8.12	8.13	8.16	8.14±0.42
First premolar	7.65	7.67	7.61	7.64±0.60	7.77	7.77	7.78	7.77±0.56	7.66	7.68	7.67	7.67±0.53
Second premolar	7.65	7.78	7.76	7.73±0.58	7.75	7.84	7.75	7.78±0.62	7.64	7.66	7.73	7.68±0.58
First molar	11.72	11.83	11.87	11.81±0.68	11.77	11.79	11.83	11.79±0.70	11.78	11.80	11.88	11.82±0.74
<i>Mandibular</i>												
Central incisor	5.72	5.69	5.56	5.66±0.44	5.71	5.76	5.71	5.73±0.44	5.68	5.70	5.67	5.68±0.43
Lateral incisor	6.24	6.23	6.21	6.23±0.37	6.50	6.32	6.36	6.39±0.51	6.31	6.30	6.29	6.30±0.40
Canine	7.12	7.12	6.98	7.07±0.44	7.21	7.23	7.29	7.24±0.45	7.12	7.17	7.10	7.13±0.44
First premolar	7.72	7.88	7.94	7.85±0.47	7.87	7.90	7.85	7.87±0.46	7.83	7.92	7.86	7.87±0.45
Second premolar	7.28	7.30	7.33	7.30±0.48	7.26	7.33	7.30	7.30±0.45	7.15	7.21	7.24	7.20±0.45
First molar	11.23	11.20	11.29	11.24±0.71	10.95	10.94	10.92	10.94±0.60	10.43	10.69	10.77	10.63±0.82
Tooth	Investigator								Mean±SD			
	D				E							
	1	2	3	Mean±SD	1	2	3	Mean±SD				
<i>Maxillary</i>												
Central incisor	8.92	8.93	8.81	8.89±0.66	8.82	8.84	8.83	8.83±0.67	8.79±0.66			
Lateral incisor	7.42	7.50	7.35	7.42±0.57	7.44	7.41	7.43	7.43±0.57	7.40±0.56			
Canine	8.19	8.08	7.95	8.08±0.44	8.09	8.04	8.06	8.07±0.43	8.09±0.42			
First premolar	7.79	7.71	7.74	7.75±0.59	7.63	7.56	7.66	7.62±0.53	7.69±0.55			
Second premolar	7.83	7.90	7.79	7.84±0.65	7.50	7.52	7.59	7.54±0.61	7.71±0.57			
First molar	12.00	12.03	11.82	11.95±0.81	11.44	11.51	11.53	11.49±0.67	11.77±0.67			
<i>Mandibular</i>												
Central incisor	5.78	5.81	5.65	5.75±0.63	5.64	5.61	5.64	5.63±0.40	5.69±0.43			
Lateral incisor	6.36	6.31	6.36	6.34±0.44	6.23	6.33	6.23	6.26±0.42	6.31±0.38			
Canine	7.25	7.20	7.09	7.18±0.45	7.05	7.03	7.10	7.06±0.39	7.14±0.41			
First premolar	7.96	7.98	7.88	7.94±0.47	7.75	7.74	7.76	7.75±0.46	7.86±0.43			
Second premolar	7.43	7.32	7.27	7.34±0.56	7.04	7.04	7.09	7.06±0.40	7.24±0.43			
First molar	11.01	10.65	10.77	10.81±0.71	10.70	10.65	10.63	10.66±0.63	10.86±0.63			

Table II. *P*-values as the result of the F-test for three measurements made by the same investigator

Tooth	Investigator				
	A	B	C	D	E
<i>Maxillary</i>					
Central incisor	0.489	0.904	0.984	0.821	0.995
Lateral incisor	0.675	0.952	0.974	0.718	0.983
Canine	0.948	0.776	0.941	0.218	0.935
First premolar	0.959	0.997	0.995	0.909	0.839
Second premolar	0.736	0.863	0.887	0.870	0.875
First molar	0.766	0.963	0.912	0.680	0.909
<i>Mandibular</i>					
Central incisor	0.494	0.924	0.981	0.684	0.976
Lateral incisor	0.952	0.502	0.974	0.910	0.666
Canine	0.514	0.852	0.886	0.512	0.853
First premolar	0.322	0.937	0.844	0.795	0.988
Second premolar	0.940	0.906	0.830	0.659	0.898
First molar	0.920	0.993	0.408	0.271	0.938

Table III. Intraclass correlation coefficients(R_3) of three measurements made by the same investigator

Tooth	Investigator				
	A	B	C	D	E
<i>Maxillary</i>					
Central incisor	0.793	0.888	0.973	0.932	0.973
Lateral incisor	0.807	0.852	0.977	0.922	0.973
Canine	0.877	0.855	0.975	0.845	0.979
First premolar	0.858	0.952	0.979	0.896	0.918
Second premolar	0.834	0.943	0.940	0.648	0.933
First molar	0.894	0.909	0.946	0.756	0.917
<i>Mandibular</i>					
Central incisor	0.736	0.898	0.979	0.590	0.931
Lateral incisor	0.790	0.641	0.990	0.710	0.680
Canine	0.850	0.911	0.955	0.831	0.887
First premolar	0.728	0.895	0.917	0.857	0.955
Second premolar	0.923	0.903	0.935	0.713	0.724
First molar	0.859	0.932	0.701	0.728	0.895

나. 치아크기 측정 정확도에 관한 연구

모형상 측정치와 표준치와의 차이의 평균을 측정 시기별, 조사자별 그리고 치아별로 구한 결과 표4와 같은 결과를 얻었다. 표준치와 비교한 계측오차의 평균을 조사자별로 비교시 오차평균이 가장 큰 조사자는 0.41 mm이고 가장 작은 조사자의 오차평균은 0.36 mm이어서, 0.05 mm의 오차평균 차이를 보였다. 치아별로 오차 발생 정도를 살펴보면 상악에서는 중절치, 하악에서는 중절치, 측절치, 견치에서 0.15 mm 이하로 작게 나타났으며 하악 제1대구치에서 1.06 mm로 가장 크게 나타나, 전반적으로 전치에서 구치로 갈수록 정확도가 떨어지는 양상을 보였다(Table IV). 치아크기 계측오차 발생의 조사자간 차이를 알아보기 위하여 치아별로 분산검정을 시행한 결과 상악 중절치와 제1대구치에서 그리고 하악 제1대구치에서 유의한 차이가 나타나 이들 치아에서는 오차 발생 정도에 있어서 조사자간 차이가 있음을 알 수 있었다(Table V).

표준치에 대한 모형상 측정치의 크고 작은 성향을 파악하기 위하여 표준치보다 크게 측정한 경우와 작게 측정한 경우를 각각 +, -로 표시하여 조사자별, 치아별로 구분한 결과 표6과 같은 양상을 구하였다. 조사자별로 측정성향을 살펴보면 조사자 B와 D는 표준치에 비하여 크게 재는 경우가 많았으며, 조사자 A, C, E는 작게 재는 경향을 나타내었다. 특히 A와 E는 두드러지게 작게 재는 성향을 보였으며, 전반적으로 작게 재는 경우가 많은 것을 알 수 있었다. 치아별로 측정성향을 살펴 본 결과 상악은 크게, 하악은 작게 재는 경향을 나타내었는데 특히 제2소구치와 제1대구치에서 그 양상이 두드러지게 나타났다(Table VI).

치아별 측정성향 차이를 통계적으로 검정하기 위하여 각 치아간에 χ^2 -test를 실시한 결과 상악 제2소구치와 제1대구치는 모든 다른 치아와 유의한 차이를 나타내어 크게 재는 경향이 확실함을 알 수 있었다. 하악에서도 제2소구치와 제1대구치가 다른 모든 치아와 유의한 차이를 나타내어 작게 재는 경향이 두드러짐을 알 수 있었으며 전반적으로 치아에 따른 차이

Table IV. The standard measurements and the mean difference in absolute value between standard and experimental measurements (mm)

Tooth	Standard	Investigator											
		A				B				C			
		1	2	3	Mean±SD	1	2	3	Mean±SD	1	2	3	Mean±SD
<i>Maxillary</i>													
Central incisor	8.86	0.16	0.39	0.22	0.26±0.31	0.10	0.17	0.11	0.13±0.17	0.13	0.10	0.10	0.11±0.12
Lateral incisor	7.46	0.26	0.26	0.29	0.27±0.23	0.18	0.16	0.24	0.19±0.22	0.19	0.20	0.18	0.19±0.19
Canine	8.14	0.19	0.17	0.21	0.19±0.15	0.16	0.16	0.16	0.16±0.20	0.11	0.09	0.13	0.11±0.09
First premolar	7.85	0.36	0.36	0.29	0.34±0.26	0.29	0.26	0.32	0.29±0.19	0.27	0.30	0.28	0.28±0.21
Second premolar	7.28	0.47	0.54	0.51	0.51±0.33	0.52	0.57	0.52	0.54±0.37	0.45	0.52	0.49	0.49±0.31
First molar	11.08	0.64	0.75	0.80	0.73±0.41	0.68	0.71	0.76	0.72±0.40	0.70	0.74	0.80	0.75±0.33
Subtotal		0.38±0.34				0.34±0.35				0.32±0.32			
<i>Mandibular</i>													
Central incisor	5.66	0.18	0.20	0.14	0.17±0.19	0.10	0.13	0.10	0.11±0.15	0.10	0.10	0.07	0.09±0.10
Lateral incisor	6.34	0.13	0.17	0.14	0.15±0.21	0.20	0.07	0.12	0.13±0.25	0.07	0.07	0.07	0.07±0.11
Canine	7.17	0.16	0.18	0.20	0.18±0.14	0.12	0.11	0.15	0.12±0.13	0.12	0.10	0.09	0.10±0.09
First premolar	7.64	0.34	0.36	0.41	0.37±0.25	0.39	0.39	0.36	0.38±0.27	0.35	0.38	0.35	0.36±0.27
Second premolar	7.80	0.54	0.54	0.53	0.54±0.35	0.57	0.57	0.52	0.55±0.35	0.65	0.59	0.57	0.61±0.37
First molar	11.91	0.68	0.71	0.62	0.67±0.36	0.96	0.97	0.99	0.97±0.32	1.48	1.22	1.14	1.28±0.52
Subtotal		0.35±0.33				0.38±0.40				0.42±0.52			
Total		0.36±0.34				0.36±0.38				0.37±0.43			

Tooth	Standard	Investigator									
		D				E				Mean±SD	
		1	2	3	Mean±SD	1	2	3	Mean±SD		
<i>Maxillary</i>											
Central incisor	8.86	0.15	0.14	0.13	0.14±0.10	0.14	0.08	0.08	0.10±0.10	0.15±0.06	
Lateral incisor	7.46	0.24	0.20	0.18	0.21±0.18	0.21	0.17	0.16	0.18±0.15	0.21±0.04	
Canine	8.14	0.17	0.12	0.21	0.16±0.15	0.11	0.13	0.11	0.12±0.09	0.15±0.03	
First premolar	7.85	0.31	0.27	0.36	0.32±0.22	0.35	0.34	0.30	0.33±0.22	0.31±0.02	
Second premolar	7.28	0.63	0.68	0.57	0.62±0.47	0.40	0.42	0.41	0.41±0.30	0.51±0.08	
First molar	11.08	0.92	0.95	0.85	0.91±0.47	0.37	0.43	0.47	0.42±0.29	0.70±0.18	
Subtotal		0.39±0.41				0.26±0.25					
<i>Mandibular</i>											
Central incisor	5.66	0.15	0.28	0.13	0.19±0.44	0.11	0.13	0.11	0.12±0.10	0.14±0.04	
Lateral incisor	6.34	0.18	0.18	0.14	0.16±0.20	0.19	0.15	0.17	0.17±0.24	0.14±0.04	
Canine	7.17	0.18	0.14	0.13	0.15±0.13	0.15	0.22	0.14	0.17±0.18	0.15±0.03	
First premolar	7.64	0.39	0.45	0.40	0.41±0.31	0.34	0.37	0.38	0.36±0.25	0.38±0.02	
Second premolar	7.80	0.60	0.52	0.57	0.56±0.39	0.76	0.75	0.70	0.74±0.45	0.60±0.08	
First molar	11.91	0.97	1.26	1.16	1.13±0.43	1.21	1.26	1.28	1.25±0.40	1.06±0.25	
Subtotal		0.43±0.48				0.47±0.50					
Total		0.41±0.45				0.36±0.41					

Table V. Results of the F-test regarding the comparison of mean difference among investigators(ANOVA)

Tooth	F-value	p-value
<i>Maxillary</i>		
Central incisor	6.80	0.001***
Lateral incisor	0.84	0.506
Canine	2.07	0.090
First premolar	0.31	0.868
Second premolar	1.21	0.313
First molar	5.19	0.008***
Subtotal	3.43	0.009**
<i>Mandibular</i>		
Central incisor	1.32	0.266
Lateral incisor	1.45	0.223
Canine	2.23	0.071
First premolar	0.14	0.965
Second premolar	1.03	0.399
First molar	10.89	0.001***
Subtotal	1.50	0.200
Total	0.90	0.463

** p<0.01, *** p<0.001.

가 많음을 볼 수 있었다(Table VII). 조사자별 측정성향 차이를 χ^2 -test로 검정한 결과 조사자간의 유의차가 다수에서 나타나 크게 재거나 작게 재는 성향이 조사자에 따라 상이함을 알 수 있었다(Table VIII).

치아밀집 정도가 오차 발생 정도에 미치는 영향을 파악하기 위하여 피어슨 상관분석을 치아별로 시행한 결과 하악 측절치에서만 밀집 정도와 유의한 순상관관계를 나타내어, 전반적으로 치아밀집 정도는 치아크기 계측오차에 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다(Table IX).

IV. 총괄 및 고찰

생물통계학에서 오차는 재현도(reproducibility)와 정확도(accuracy)의 두 개념으로 분류될 수 있다. 반

복 측정으로 얻은 값들이 서로 근접할 때 재현도가 높다고 하고, 하나하나의 측정치가 참값에 근접할 때 정확도가 높다고 한다⁸⁾. 재현도 연구에는 시간 간격을 두고 반복 측정된 값들만 있으면 재현도 정도를 구할 수 있으나, 정확도를 파악하기 위해서는 평가의 기준이 되는 참값(gold standard)이 필요하다. 치아크기 측정시 오차를 규명하고 그 원인 및 발생양상을 살펴 보고자 한 본 연구에서는 재현도 연구를 위하여 2주 간격으로 3회 측정된 측정치들을 사용하였고, 정확도 연구를 위해서는 모형상에서 개개 치아로 분리한 후 마이크로미터를 사용하여 실측한 최대근원심 폭경을 표준치로 삼아 이 표준치와 모형상 측정치와의 차이를 계측오차로 규정하였다. 또, 모형상 측정치를 구하기 위한 도구로 needle-pointed divider 보다 오차가 작은 것으로 알려진⁷⁾ 디지털 버니어 캘리퍼스를 사용하였으며, 0.01 mm 단위로 측정 기록하였다.

5명의 조사자가 20조의 석고모형을 대상으로 3회 측정된 측정치를 사용하여 F-test와 유관내 상관분석을 통하여 재현도를 검정한 결과 두 방법 모두에서 우수한 재현도를 나타내었다. 그리고 조사자별 치아별로 두드러진 차이를 나타내지 않았는데 이는 needle-point divider와 Boley gauge를 사용하여 4명의 술자가 15조의 석고모형을 대상으로 2회 측정된 Shellhart등⁷⁾의 연구 결과와 유사하였다. 재현도 파악을 위한 본 연구나 Shellhart 등의 연구에서 사용한 통계방법이 재현도를 정확히 검정하기에는 구조적·통계적으로 다소의 문제가 있으므로⁹⁾ 조사자별 또는 치아별로 재현도 차이를 보다 정확히 파악할 수 있는 통계적 방법의 개발이 필요할 것으로 사료되었다. 본 연구결과 재현도는 우수한 것으로 나타났는데 조사자마다 일관적인 방법으로 치아크기를 측정하므로 재현도 관점에서는 임상적으로 문제가 되지 않음을 알 수 있었다.

모형상 측정치와 표준치와의 차이의 평균을 측정 시기별, 조사자별, 그리고 치아별로 구하고 비교 분석한 결과 조사자별, 치아별로 두드러진 차이를 보여 재현도와는 달리 정확도에서는 오차발생 양상이 다양함을 알 수 있었다. 실제 치아크기와의 오차가 발생할 수 있는 경우를 분석해보면 크게 두가지 측면에서 오차가 나타날 수 있음을 알 수 있었다. 일반적으로 치아 배열이 가지런한 치열을 교합면에서 보았을 때 인접치아와의 접촉점이 구치부에서 특히 넓은 것을 볼 수 있었다¹⁰⁾. 따라서 측정시 근심접촉점과 원심접촉

Table VI. The direction of difference between experimental and standard measurement

Tooth	Investigator										Total	
	A		B		C		D		E			
<i>Maxillary</i>												
Central incisor	+6	-54	+27	-33	+24	-36	+31	-29	+23	-37	+113	-187
Lateral incisor	+9	-51	+27	-33	+26	-34	+20	-40	+23	-37	+105	-195
Canine	+13	-47	+33	-27	+32	-28	+21	-39	+16	-44	+115	-185
First premolar	+16	-44	+20	-40	+17	-43	+25	-35	+15	-45	+95	-205
Second premolar	+53	-7	+54	-6	+51	-9	+54	-6	+43	-17	+255	-45
First molar	+56	-4	+58	-2	+57	-3	+56	-4	+57	-3	+284	-16
Subtotal	+153	-207	+219	-141	+207	-153	+207	-153	+177	-183	+967	-833
<i>Mandibular</i>												
Central incisor	+25	-35	+43	-17	+37	-23	+35	-25	+29	-31	+169	-131
Lateral incisor	+14	-46	+32	-28	+24	-36	+34	-26	+21	-39	+125	-175
Canine	+22	-38	+39	-21	+25	-35	+29	-31	+17	-43	+132	-168
First premolar	+40	-20	+39	-21	+39	-21	+46	-14	+33	-27	+197	-103
Second premolar	+6	-54	+10	-50	+6	-54	+9	-51	+1	-59	+32	-268
First molar	+0	-60	+0	-60	+0	-60	+4	-56	+0	-60	+4	-296
Subtotal	+107	-253	+163	-197	+131	-229	+157	-203	+101	-259	+659	-1141
Total	+261	-459	+382	-338	+338	-382	+365	-355	+279	-441	+1626	-1974

+ indicates that experimental measurement is larger than control measurement, - indicates vice versa.

Table VII. Comparison of the direction of the difference according to the tooth

	<i>Maxillary</i>						<i>Mandibular</i>				
	Central incisor	Lateral incisor	Canine	First premolar	Second premolar	First molar	Central incisor	Lateral incisor	Canine	First premolar	Second premolar
<i>Maxillary</i>											
Lateral incisor	0.497										
Canine	0.866	0.397									
First premolar	0.123	0.386	0.087								
Second premolar	***	***	***	***							
First molar	***	***	***	***	***						
<i>Mandibular</i>											
Central incisor	***	***	***	***	***	***					
Lateral incisor	0.317	0.093	0.405	*	***	***	***				
Canine	0.115	*	0.158	**	***	***	**	0.564			
First premolar	***	***	***	***	***	***	*	***	***		
Second premolar	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	
First molar	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***

Data notes p -value as the result of χ^2 -test.

* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$.

Table VIII. Comparison of the direction of the difference according to the investigator

	A	B	C	D
B	***			
C	***	**		
D	***	0.357	0.155	
E	0.327	***	**	***

Data notes *p*-value as the result of χ^2 -test.

** *p*<0.01, *** *p*<0.001.

점을 설정할 때 조사자마다 또는 시기에 따라 상당한 변이가 있을 것으로 예상되는데 이를 근원심 측정오차라고 부를 수 있다(Fig. 1). 또한 치아의 근심면이나 원심면이 인접치와 이루는 접촉점은 교합면 1/3이나 중앙 1/3 등 치아에 따라 다양하지만 교합면 최상방에 있지 않다¹⁰⁾. 따라서 인접치가 근원심에 위치해 있는 경우 캘리퍼를 사용하여 근원심풍용부를 정확히 잡는 것은 매우 어려운 일이다. 즉, 외경을 재는 캘리퍼 팁을 사용할 경우는 실제 크기보다 작게, 내경을 재는 캘리퍼 팁을 이용할 경우는 실제 치아 크기보다 큰 값으로 측정할 수밖에 없는데, 이러한 차이를 상하방 측정오차라고 부를 수 있다(Fig. 2).

본 연구결과 치아별로 오차발생 정도를 살펴보면 상하악 전치부에서는 작게 나타나고 하악 제1대구치에서 가장 크게 나타나 전반적으로 전치에서 구치로 갈수록 정확도가 떨어지는 양상을 보였다. 이는 전치부에서보다 구치부에서 인접치와의 접촉점이 넓어 근원심 측정오차가 나타날 가능성이 구치부에서 높기 때문인 것으로 사료되었다. 또한 밀집치열의 경우

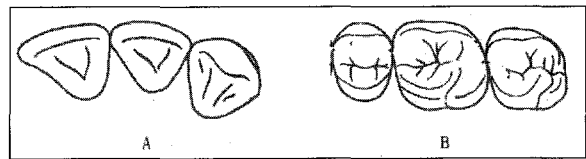


Fig. 1. Occlusal views of anterior(A) and posterior (B) teeth showing the difference of contact area between anteriors and posteriors.

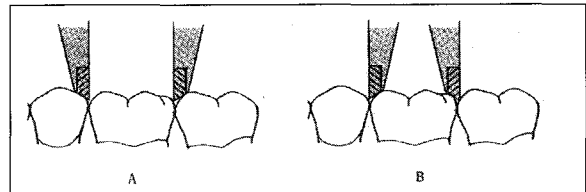


Fig. 2. Two types of measuring method.

- A. Use of caliper tips for external diameter
- B. Use of caliper tips for internal diameter

일부 전치는 인접치와의 접촉이 사라져 캘리퍼로 정확히 최대풍용부를 잡을 수 있으나 대부분의 구치에서는 인접치와의 접촉으로 인해 내경을 재는 팁이나 외경을 재는 팁 사용 여부와 관계없이 상하방 측정오차가 쉽게 나타나기 때문인 것으로 생각되었다. 즉 근원심 및 상하방 측정오차 모두가 구치부에서 높게 나타날 수 있으므로 정확도가 떨어지는 것으로 사료되었다.

표준치에 대한 모형상 측정치의 크고 작은 성향을 파악하기 위하여 조사자별 치아별로 구분하여 비교 분석한 결과 조사자간이나 치아간에 두드러진 차이가 나타났다. 치아별로 측정성향을 살펴본 결과 상악은

Table IX. Overall correlation between tooth irregularities and mean differences

	Maxillary						Mandibular					
	Central incisor	Lateral incisor	Canine	First premolar	Second premolar	First molar	Central incisor	Lateral incisor	Canine	First premolar	Second premolar	First molar
<i>r</i>	-0.299	-0.285	-0.251	-0.235	-0.339	-0.303	-0.184	0.591	-0.068	-0.204	0.389	0.108
<i>p</i>	0.201	0.223	0.286	0.318	0.143	0.195	0.437	0.006**	0.775	0.388	0.089	0.651
Total <i>r</i>	-0.175						0.059					
Total <i>p</i>	0.055						0.523					

** *p*<0.01.

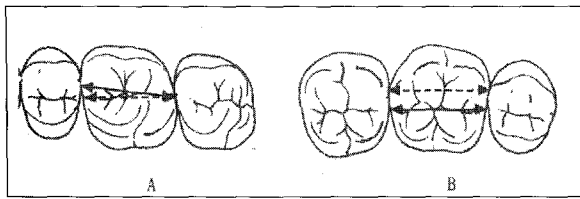


Fig. 3. The shapes of occlusal surface of upper(A) and lower(B) first molars. The dotted lines show the distance when measuring tooth size in the state of being cut individually while the lines depict tooth size on the study cast.

크게, 하악은 작게 재는 경향을 나타내었는데 특히 제 2소구치와 제1대구치에서 그 양상이 두드러지게 나타났다. 상악 제1대구치를 교합면에서 보았을 때 그 형태는 평행사변형 같은 모습이어서¹⁰⁾ 치아를 개개로 분리한 후 마이크로미터를 사용하여 근원심 크기를 측정할 경우 그림 3-A의 점선과 같은 길이가 나오는 반면, 캘리퍼를 사용하여 모형상에서 측정할 경우 그림 3-A의 실선과 같이 근심접촉점이나 원심접촉점을 잡을 때의 변이나 오차가 나타날 수 있어 이러한 경우는 마이크로미터를 사용한 계측치 보다 크게 나옴을 알 수 있었다. 특히 제1대구치가 근심으로 회전된 경우에는 근심협측 교두가 내측으로 위치되어 크게 측정할 가능성이 보다 높아짐을 알 수 있었다.

한편 하악 제1대구치의 교합면 형태는 상악과는 달리 육각형 모습을 나타내고 있다¹⁰⁾. 따라서 치아를 분리하여 마이크로미터로 측정할 경우 가장 긴 길이가 측정될 수 있으므로 표준치보다 모형상 계측치가 더 큰 경우가 매우 적음을 알 수 있었다. 그리고 대부분의 조사자가 구치부 치아크기를 측정할 경우 외경을 재는 캘리퍼 팁을 사용하였으므로 전반적으로 표준치에 비하여 작게 재는 경향을 보인 것으로 사료되었다. 또한 하악 제1대구치는 협측교두가 3개, 설측교두가 2개이어서 협측면쪽이 설측보다 다소 풍성한 교합면 형태를 갖고 있으므로¹⁰⁾ 근원심 최대 풍응부를 잇는 선이 근심와와 원심와를 잇는 치아축보다 협측에 있음을 볼 수 있었다. 치아크기 측정시 근심점과 원심점을 설정할 때 많은 술자가 근심와와 원심와를 고려한다고 가정했을 경우 마이크로미터로 최대풍응부를 측정할 표준치보다 모형상 측정치가 작게 나옴을 이해할 수 있었다(Fig. 3).

조사자별 측정성향 차이를 χ^2 -test로 검증한 결과

조사자간에 유의차를 나타내어 크게 재거나 작게 재는 성향이 조사자에 따라 상이함을 알 수 있었다. 이는 버니어 캘리퍼스 팁을 사용할 때 외경용을 사용하거나 내경용을 사용하는 선호도의 차이, 그리고 술자에 따라서 캘리퍼스 팁을 교합면 방향이 아닌 협측면에 접근시키는 등 조사자에 따른 측정방법 차이에 기인한 것으로 사료되었다.

치아밀집 정도가 오차발생 정도에 미치는 영향을 파악하기 위하여 피어슨 상관 분석을 시행한 결과 전반적으로 치아밀집 정도는 계측오차에 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다. 밀집이 있을 경우 캘리퍼스 팁을 정확히 위치시키지 못할 경우가 있는 반면, 과도한 밀집으로 인해 인접치와의 접촉점이 사라지는 경우에는 오히려 캘리퍼스를 정확히 위치시킬 수 있는 경우도 있으므로 본 연구결과가 이해될 수 있었다.

치아크기 계측오차를 재현도와 정확도로 구분하여 분석한 본 연구 결과 재현도는 조사자별 치아별로 큰 차이를 나타내지 않은 반면, 표준치와 비교한 정확도 측면에서는 조사자별 그리고 치아별로 두드러진 차이를 보였다. 임상에서 술자 본인의 분석결과에 의해 치료를 시행하고 그 결과를 다시 진단에 적용하여 조정과정을 오랜 기간 걸친 경우에는 정확도 측면에서 다소 거리가 멀다 하더라도 재현도가 우수할 경우 임상적으로 문제가 되지 않을 수 있다는 것을 고려시, 한 술자내에서 재현도가 우수한 것으로 나타난 본 연구결과가 다행인 것으로 사료된다. 그러나 정확도에 있어서 조사자간 차이가 나타났으므로 같은 진료기관내라 할지라도 타인이 분석한 모형분석결과를 그대로 따른다는 것은 위험한 일임을 알 수 있었다. 개개치아의 교합면 형태, 정상교합자에서 접촉점 위치에 대한 이해와 함께 오차발생 양상에 대한 이해가 있을 때 보다 정확한 치아크기 계측이 가능함을 알 수 있었다.

한편 본 연구에서 정확도 연구를 위한 표준치로 개개 치아를 분리한 후 최대근원심폭경을 마이크로미터로 측정하여 구하였지만 실제 정상교합자에서 한 치아가 양 인접치 사이에 배열될 수 있는 간격과 해당치아의 최대근원심폭경과는 차이가 있을 수 있으므로, 보다 합리적으로 표준치를 구하는 방법의 모색이 필요할 것으로 생각되었다. 또한 본 연구에서는 밀집치열을 대상으로 하였으나, 차후 정상교합자를 대상으로 치아크기를 측정하고 정상치열과 밀집치열간의 오차발생 양상을 비교분석하는 것도 도움이 되리라 생각한다.

V. 결 론

치아밀집 치열 특징을 지닌 상하악 20조의 석고모형을 대상으로 하여, 5명의 조사자가 각 치아의 근원심 폭경을 디지털 버니어 캘리퍼스를 사용하여 2주간격으로 3회 측정하여 실험 측정치를 얻은 다음 측정에 이용된 석고모형을 근원심 접촉점 부위에서 개개 치아로 분리한 후, 마이크로미터를 이용하여 측정된 표준치와 비교·분석하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 3회 측정에 따른 재현도는 조사자별 치아별로 큰 차이를 나타내지 않았다.
2. 표준치와 비교한 계측오차는 조사자별 또는 치아별로 차이를 보였다.
3. 표준치와의 오차는 전치에서 구치로 갈수록 증가하여 제 1대구치에서 가장 큰 차이를 나타내었다.
4. 표준치와 비교시 전반적으로 작게 측정하는 경향을 보였으며 이에 대한 치아별, 조사자별 차이가 두드러졌다.
5. 전반적인 오차 발생 정도는 치아밀집 정도와 유의한 상관성을 보이지 않았다.

이상의 결과는 교정증례 분석시 치아크기 계측오차 발생 가능성의 고려가 필요함을 시사하였다.

참 고 문 헌

1. Ballard ML. Asymmetry in tooth size; a factor in the etiology, diagnosis and treatment of malocclusion. *Angle Orthod* 1944;14:67-71.
2. Neff CW. Tailored occlusion with the anterior coefficient. *Am J Orthod* 1949;35:309-13.
3. Lundström A. Intermaxillary tooth width ratio and tooth alignment and occlusion. *Acta Odontol Scand* 1954;12:265-92.
4. Bolton WA. Disharmony in tooth size and its relation to the analysis and treatment of malocclusion. *Angle Orthod* 1958;28:113-30.
5. Crosby DA, Alexander CG. The occurrence of tooth size discrepancies among different malocclusion groups. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 1989;95:457-61.
6. Freeman JE, Maskeroni AJ, Lorton L. Frequency of Bolton tooth-size discrepancies among orthodontic patients. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 1996;110:24-7.
7. Shellhart WC, Lange DW, Kluemper GT, Hicks EP, Kaplan AL. Reliability of the Bolton tooth-size analysis when applied to crowded dentitions. *Angle Orthod* 1995;65:327-34.
8. 안윤옥. 보건통계학 이해. 서울:정문사. 1992:54-6.
9. Hunt RJ. Percent agreement, Pearson's correlation, and Kappa as measures of inter-examiner reliability. *J Dent Res* 1986;65:128-30.
10. Wheeler RC. Dental anatomy, physiology and occlusion. Philadelphia: W.B. Saunders Company. 1971; 135-44, 237-53, 267-83.

- ABSTRACT -

A study on the error of tooth size measurements

Eun-Ju Sim, D.D.S., M.S.D.,^a Hyeon-Shik Hwang, D.D.S., M.S.D., Ph.D.^a
Jai-Dong Moon, M.D., Ph.D.^b

^a*Department of Orthodontics, College of Dentistry, Chonnam National University*

^b*Department of Occupational and Environmental Medicine, Chonnam University Medical School*

Precise and accurate measuring of tooth size is essential procedure in orthodontic diagnosis. The purpose of this study was to evaluate the reproducibility and accuracy of tooth size measurements with regard to tooth and investigator.

Five investigators measured the size of one side of teeth, from central incisor to first molar, on 20 sets of casts that show a moderate degree of crowding. Mesio-distal width was measured with digital vernier calipers in each tooth and this procedure was repeated three times at two weeks interval. To obtain a standard measurement for each tooth, dental casts were cut into individual tooth, and its width was measured with micrometer. The difference between the measurement from dental cast and the standard measurement was defined as the measurement error. Through various statistical analyses, following results were obtained.

1. The reproducibility did not show significant differences with regard to tooth or investigator.
2. The measurement error showed some difference with regard to tooth and investigator.
3. The magnitude of the measurement error showed increasing tendency from anterior to posterior teeth with maximum value in the first molar.
4. While the measurements obtained on study casts generally showed smaller number compared to standard measurements, the direction of the difference showed variability according to tooth or investigator.
5. The measurement errors did not show significant correlations with the degree of crowding.

The results of the present study indicate that the possibility of tooth size measurement error should be taken into consideration when diagnosing an orthodontic case.

KOREA. J. ORTHOD. 1999 ; 29 : 491-501

※ **Key words** : tooth size, reproducibility, accuracy, measurement error