

부정교합자의 전치부 치아크기 부조화에 관한 연구

김 혁 수^a · 심 혜 영^a · 남 동 석^b

Bolton 분석이 치아크기 부조화를 예측하기 위해 널리 사용되고 있지만 그 정확도에 대해서는 의문이 제기되어 왔다. 이에 본 연구는 부정교합자를 대상으로 하여 실제 전치부 부조화가 나타나는 양상을 조사하고, 그것에 영향을 주는 요인에 대해서 평가하고자 하였다. 연구대상은 다양한 부정교합(Class I, Class II, Class III, Class III surgery)을 가졌으며, 교정치료를 마친 80명의 환자들로 구성되었다. 치료 전 모형, 치료 후 모형으로부터 얻어진 셋업 모형, 그리고 치료 전후 측모 두부 X-선 계측사진을 분석하였으며 다음과 같은 결과를 얻었다. 한국인 부정교합자의 전치부 Bolton ratio는 Bolton의 표본 및 한국인 정상교합자 표본과 비교해 보았을 때 평균, 표준편차, 범위가 다소 크게 나타났다. 실제 전치부 부조화는 상악의 부족(deficiency)을 보이는 경우가 상악의 과잉(excess)을 보이는 경우보다 많았다. 전치부 Bolton ratio로부터 예측한 전치부 부조화는 셋업 모형을 통해서 얻은 실제 전치부 부조화와 비교해 보았을 때 차이를 보였다 ($p < 0.05$). 성별 및 부정교합군은 실제 전치부 부조화에 유의한 차이를 보이지 않았다 ($p > 0.05$). 수직피개와 상악 치아 절단면 두께는 실제 전치부 부조화와 상관관계가 거의 없는 것으로 나타났다. 다중회귀분석 결과 실제 전치부 부조화에는 치료 전 모형의 전치부 Bolton ratio, 치료 후 상악 전치가 교합평면과 이루는 각, 치료 후 절치간각, 치료 전 상악 우측 측절치 폭경 등의 요인이 기여하는 것으로 나타났다.

(주요 단어: 전치부 Bolton ratio, 전치부 Bolton 부조화, 실제 전치부 부조화)

서 론

치열의 안정과 조화를 위해서는 적절한 수직피개와 수평피개, 그리고 견치 부위에서의 적절한 교합이 필요하다. 이러한 목표를 달성하기 위해서는 치아크기 사이에 균형이 이루어져야 하며, 만약 악궁 간에 치아크기 부조화가 존재한다면 이상적인 수직피개와 수평

피개 및 I급 견치 관계를 획득하기가 어려울 수 있다.

이러한 치아크기 부조화를 미리 예측하기 위한 분석으로서 Bolton ratio가 널리 사용되어 왔는데 그것은 쉽고 빠르게 치아크기 부조화를 예측할 수 있다는 장점 때문이었다. 그러나, Bolton 분석은 편리함과 상대적인 유용성이 널리 알려진 반면, 정확도는 의문시 되어 왔다. 즉, 심각한 Bolton 부조화를 가진 증례에서도 좋은 교합 관계를 보인 증례가 보고된 반면, 정상 Bolton ratio를 가진 환자에서 적절한 교합을 이룰 수 없는 경우도 있었다.¹

이에 대해 다른 저자들은 수직피개,² 수평피개,³ 경사도,⁴ 토크,^{3,4} 절치간각,^{3,4} 치아 두께³가 치아크기 관계에 영향을 줄 수 있다고 하였다.

그러나, 이러한 요인들이 Bolton 분석의 정확도에

^a 대학원생, ^b 교수, 서울대학교 치과대학 교정학교실.
교신저자: 남동석
서울시 종로구 연건동 28
서울대학교 치과대학 교정학교실 / 02-2072-2674
dsnahm@snu.ac.kr
원고접수일: 2004년 9월 8일 / 원고최종수정일: 2004년 11월 26일
/ 원고재택일: 2004년 11월 28일

어떠한 영향을 미치는지에 대한 명확한 결론 및 이러한 요인들을 설명할 수 있는 치아크기 부조화 확인 방법은 현재까지 거의 없는 상태이다.

치아크기 부조화가 실제 나타나는 양상을 알고, 각 요인들이 미치는 영향에 대해 연구하기 위해서는 치료 전 모형뿐만 아니라 치료 후 모형에 대한 연구도 필요하다고 생각되는데, 현재까지 치료 전후의 모형을 함께 연구한 경우는 없었다. 또한, 전치 경사도의 중요성은 언급되어 왔으나,⁵ 이것의 효과에 대해서는 충분히 연구되지 않았다. 전치 경사도가 치아크기 부조화에 미치는 영향을 알아보기 위해서는 모형과 측모 두부 X-선 계측사진을 같이 연구하는 것이 필요하다고 생각된다.

따라서 본 연구는 다음과 같은 목적을 위해 실시하였다. 첫째, 부정교합자를 대상으로 하여 전치부의 치아크기 부조화가 실제 어떤 양상으로 나타나는지 조사하고자 하였다. 둘째, 전치부 Bolton ratio가 실제 나타나는 전치부 부조화를 어느 정도 예측할 수 있는가와 만약 다른 요인들이 영향을 미친다면 어떤 요인이 어느 정도 영향을 미치는가에 대해서 연구하고자 하였다.

연구대상 및 방법

연구대상

서울대학교병원 치과진료부 교정과에 내원하여 교정 치료를 마친 80명의 부정교합자를 선택하였으며 이들은 Class I, Class II, Class III, Class III surgery 각각 20명씩, 남녀 각각 40명씩으로 구성되었다. 이 환자들의 치료 전후의 모형 및 측모 두부 X-선 계측사진을 연구대상으로 하였는데, 치료 전후의 모형은 전치부 치아 결손이 없는 것으로 선택하였다.

연구방법

모형 계측

치료 전 모형

치료 전 모형에서 상악 6전치의 가장 큰 근원심 폭경을 디지털 캘리퍼를 이용하여 0.1 mm까지 측정하였다. 디지털 캘리퍼의 팁 부위는 가늘게 갈아서 접촉점까지 쉽게 도달하도록 하여 오차를 줄이고자 하였다. 각 측정은 세 번 반복하였는데 최소한 두 번 0.1 mm 이내에서 반복되지 않는다면 다시 세 번 측정을 반복하였다. 그리하여 0.1 mm 이내의 값을 평균하여

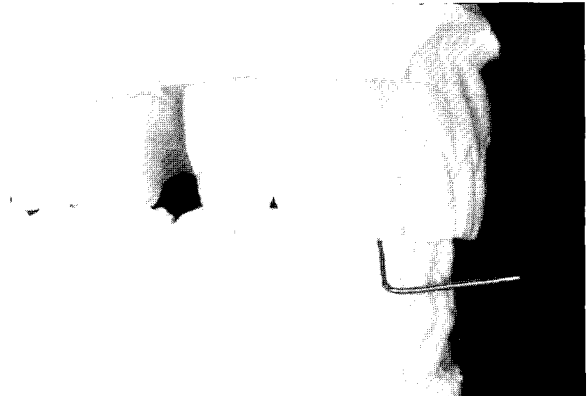


Fig 1. The models show a Class I canine relationship and an ideal overjet.

최종값을 얻었다. 이 계측치들을 이용하여 전치부 Bolton ratio를 계산하고, 이로부터 전치부 Bolton 부조화를 계산하였다.

셋업 모형

치료 후 모형을 알지네이트와 모형용 경석고를 이용하여 복제를 하고, hinge articulator에 mounting한 뒤, 다음의 조건에 맞도록 셋업을 시행하였다.

I급 견치 관계: 상악 견치의 팁이 하악 견치와 소구치 사이의 embrasure에 위치하도록 한다 (Fig 1); 이상적인 수평피개 관계: 상악 중절치의 절단면과 설측면이 만나는 교차점(junction)으로부터 하악 중절치의 순면까지의 거리가 0.7 mm가 되도록 한다 (직경이 0.7 mm가 되는 와이어를 이용하여) (Fig 1);² 치료 후 모형에서와 같은 inclination 및 angulation을 유지하도록 셋업한다 (좌우를 나누어 한 쪽을 먼저 셋업한 뒤 반대쪽을 셋업한다); gap이 있을 경우 상악 중절치 또는 하악 중절치 사이에 허용한다 (Figs 2 and 3); 수직피개: 하악 중절치의 절단면이 상악 전치 설측면에 접촉되도록 셋업한 후, 상악 전치가 하악 전치를 수직 피개하는 양을 측정한다.

이때 치아는 전부 이개하지 않고, 상악에서 gap이 필요할 경우 중절치 사이와 견치 후방, 하악에서 gap이 필요할 경우 중절치 사이와 제1소구치 후방에서 이개하였다. 계측을 위해 6전치의 접촉점은 닿지 않도록 주의하면서 이개하였다.

치료 과정 중에 stripping이나 resin build up을 시행한 경우 (치료 기록 참조), 치료 전 모형에서와 같

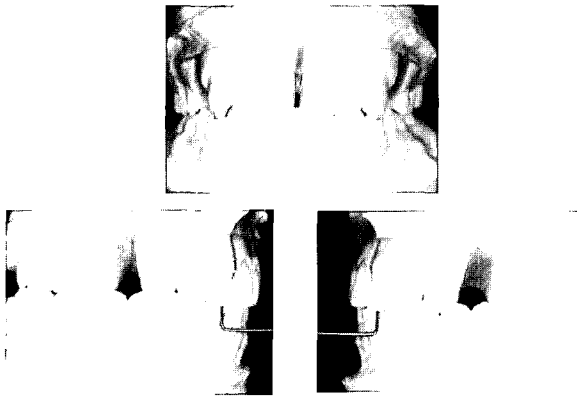


Fig 2. The models show maxillary anterior deficiency.

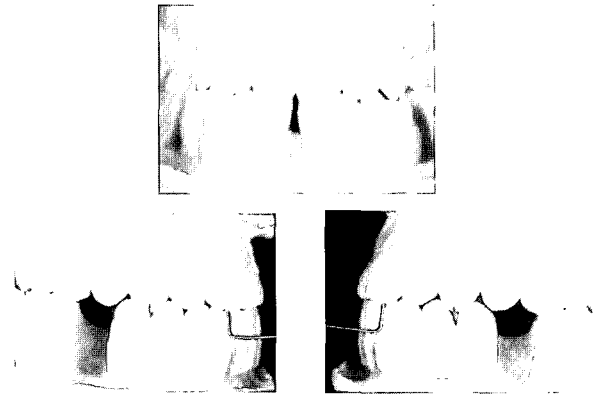


Fig 3. The models show maxillary anterior excess.

은 방법으로 치아의 폭경을 측정한 뒤 치료 전 모형과 비교하여 양을 계산하였다. 상악 중절치 또는 하악 중절치 사이에 있는 gap도 0.1 mm까지 측정하였고, 실제 전치부 부조화를 계산하였다.

또한 셋업 모형으로부터 상악 중절치의 절단면 두께와 수직피개를 측정하였다.

계측 항목 및 용어 정의

① 치료 전 모형에서 계측한 상악 6전치 근원심 폭경의 합; ② 치료 전 모형에서 계측한 하악 6전치 근원심 폭경의 합; ③ 셋업 모형에서 계측한 상악 6전치 근원심 폭경의 합; ④ 셋업 모형에서 계측한 하악 6전치 근원심 폭경의 합; ⑤ 셋업 모형에서 상악 중절치 사이에 gap이 있을 경우의 계측치; ⑥ 셋업 모형에서 하악 중절치 사이에 gap이 있을 경우의 계측치; ⑦ 수직피개: 수직 평면상에서 상악 중절치와 하악 중절치의 overlapping; ⑧ 상악 중절치의 절단면 두께; ⑨ 상악 전치부에서 stripping을 시행한 경우 stripping 양: ③ - ①; ⑩ 하악 전치부에서 stripping을 시행한 경우 stripping 양: ④ - ②; ⑪ 상악 전치부에서 resin build up을 시행한 경우 수복한 resin의 근원심 폭경; ⑫ 치료 전 모형에서 계산한 전치부의 Bolton ratio: (② / ①) x 100; ⑬ 전치부 Bolton 부조화: 치료 전 모형에서 전치부 Bolton ratio로부터 예측한 부조화: ① - (② / 0.772); +: 상악의 상대적인 과잉, -: 상악의 상대적인 부족; ⑭ 이상적인 전치부 비율: 치료 후 각 환자에게 이상적인 전치부의 약간 비율: (② + ⑥ - ⑩) / (① + ⑤ - ⑨ + ⑪) x 100; ⑮ 실제 전치부 부조화: 실제로 나타나는 전치부 치아크기 부조화: (⑥ - ⑩)

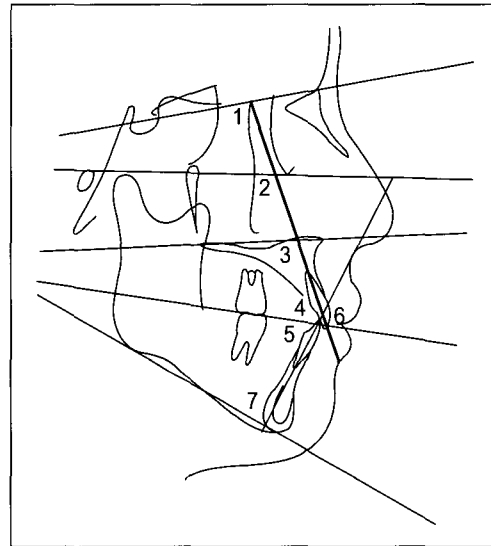


Fig 4. Angular measurements from lateral cephalometric radiograph. 1, U1 to SN; 2, U1 to FH; 3, U1 to PP; 4, U1 to OP; 5, L1 to OP; 6, interincisal angle; 7, L1 to MP.

/ (⑭ / 100) - (⑤ - ⑨ + ⑪): +: 상악의 상대적인 과잉, -: 상악의 상대적인 부족.

측모 두부 X-선 계측사진

표준 방식에 의해 촬영된 치료 전후의 측모 두부 X-선 계측사진의 투사도를 작성하고 상하 전치의 경사도에 대한 계측 항목을 설정하였다 (Fig 4). 계측치는 0.5°까지 측정하였다.

Table 1. Anterior Bolton analysis

	Mean	SD	Minimum	Maximum
Anterior Bolton ratio (%)	78.24	2.06	73.8	82.6
Anterior Bolton discrepancy (mm)	-0.63	1.27	-3.3	2.2

SD, Standard deviation.

Table 2. Comparison of Bolton values with other studies

	Samples	Mean (%)	SD (%)	Range (%)
Bolton ²	excellent occlusion	77.2*	1.65	74.5 - 80.4
Lee and Chang ⁷	Korean normal samples	77.3*	1.83	73.6 - 81.1
Crosby and Alexander ⁸	malocclusion	77.5	3.40	65.3 - 90.5
Freeman et al. ⁹	orthodontic patient	77.8	3.07	68.4 - 87.9
Santoro et al. ¹⁰	orthodontic patient	78.1	2.87	71.4 - 86.6
This study	Korean orthodontic patient	78.2	2.06	73.8 - 82.6

SD, Standard deviation; * $p < 0.05$ (compared with this study).

통계처리

모형 및 측모 두부 X-선 계측사진 상에서 계측한 수치의 평균, 표준편차, 범위를 각각 구하였으며, SPSS 프로그램을 이용하여 대응표본 t -검정, 이원배치 분산분석, 상관관계분석, 다중회귀분석 등을 시행하였다.

연구결과

신뢰도 검사

복제를 했을 때의 신뢰도를 검사하기 위해 stripping이나 resin build up을 시행하지 않은 환자의 치료 전 모형과 복제 모형 각각 30개씩을 무작위로 추출하여 최소 2주 간격을 두고 상악 6전치와 하악 6전치의 근원심 폭경을 계측하였다. 표준오차는 다음과 같이 Dahlberg⁶의 식을 사용하여 계산하였다:

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

(여기서 D는 계측치 간의 차이를 뜻하며, N은 두 번 계측한 개수를 뜻한다) 결과를 보면 12개 치아 크기의 평균 오차는 0.08 mm였으며, 0.07 - 0.10 mm의 범위를 가졌다. 그리고 Bolton ratio를 계산하기 위해 필요한 상악 6전치의 합은 0.19

mm, 하악 6전치의 합은 0.19 mm의 오차를 보였다.

셋업 모형 제작 과정의 신뢰도를 검사하기 위해 10명의 환자를 무작위로 추출하여 최소 2주 차이를 두고 셋업 모형을 반복해서 제작하였다. 계측 결과 얻은 실제 전치부 부조화는 0.21 mm의 오차를 보였다.

치아 경사도에 관한 계측 항목의 신뢰도 검사를 위해 10명의 환자를 무작위로 추출하여 최소 2주 차이를 두고 치료 전후 측모 두부 X-선 계측사진 각각 10장씩을 다시 투사도를 작성하여 계측하였다. 계측 결과 7개 계측 항목의 평균 오차는 1.23°였으며, 0.89° (U1 to PP)에서 1.79° (L1 to OP)의 범위를 가졌다.

이상의 결과로부터 모형 복제나, 셋업 모형 제작과정, 투사도 작성 과정에서의 오차는 결과에 큰 영향을 미치지 않았을 것이라고 추정할 수 있었다.

치료 전 모형에서 시행한 전치부 Bolton 분석

전치부 Bolton 분석을 시행한 결과 Bolton ratio는 평균 78.24%, 표준 편차는 2.06%를 나타냈다 (Table 1, Fig 5). 이를 다른 연구 결과와 비교를 하면 (Table 2), Bolton의 표본² 및 한국인 정상교합자 표본⁷보다 평균은 유의하게 크게 나타났으며 ($p < 0.05$), 범위, 표준편차도 크게 나타났다.

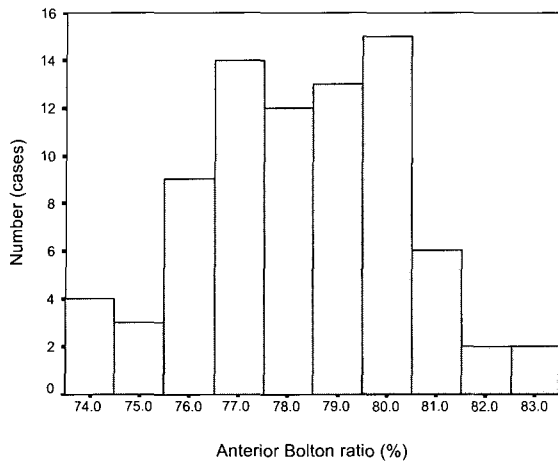


Fig 5. Anterior Bolton ratio from the pre-treatment model.

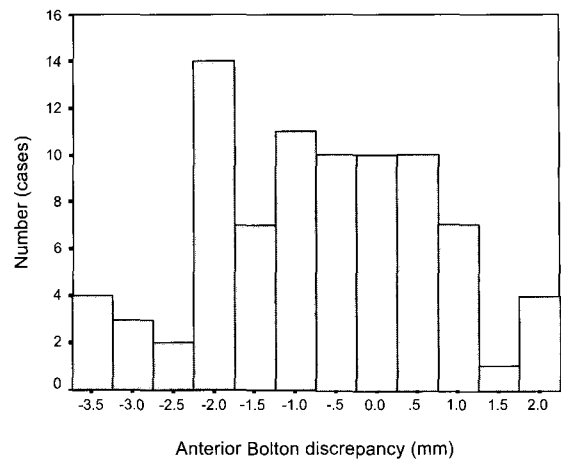


Fig 6. Anterior Bolton discrepancy from the pre-treatment model.

Table 3. Set-up model analysis

	Mean	SD	Minimum	Maximum
Ideal anterior intermaxillary ratio (%)	76.80	1.90	72.8	80.7
True anterior discrepancy (mm)	-0.91	1.60	-4.2	2.1
Absolute value of true anterior discrepancy (mm)	1.42	1.16	0.0	4.2

SD, Standard deviation.

한편 부정교합자를 대상으로 연구한 Crosby와 Alexander,⁸ Freeman 등,⁹ Santoro 등¹⁰의 결과와 비교해 보면, 전치부 Bolton ratio는 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았고 ($p > 0.05$), 범위 및 표준편차는 작게 나타났다 (Table 2).

그리고 전치부 Bolton ratio로부터 예측된 부조화, 즉 전치부 Bolton 부조화는 평균 -0.63 mm, 표준편차는 1.27 mm를 나타냈다 (Table 1, Fig 6).

셋업 모형 분석

셋업 모형 상에서 이상적인 전치부 비율은 평균 76.8%, 표준편차 1.90%를 갖는 정규 분포를 나타냈다 (Table 3, Fig 7).

실제 전치부 부조화는 평균 -0.91 mm, 표준편차 1.60 mm였으며, 상악의 부족으로 나타나는 경우가 상악의 과잉으로 나타나는 경우보다 더 많았다 (Table 3, Fig 8).

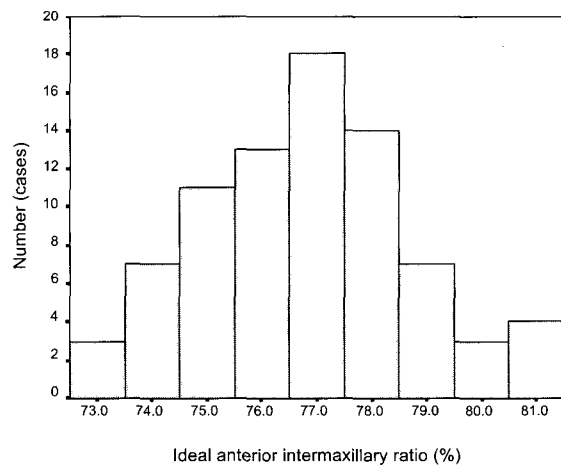


Fig 7. Ideal anterior intermaxillary ratio from the set-up model.

그리고, 실제 전치부 부조화의 절대값은 평균 1.42 mm, 표준편차 1.16 mm를 보였고, 1.5 mm 이상의 부조화를 나타내는 경우가 전체 표본의 45%였다 (Fig 9).

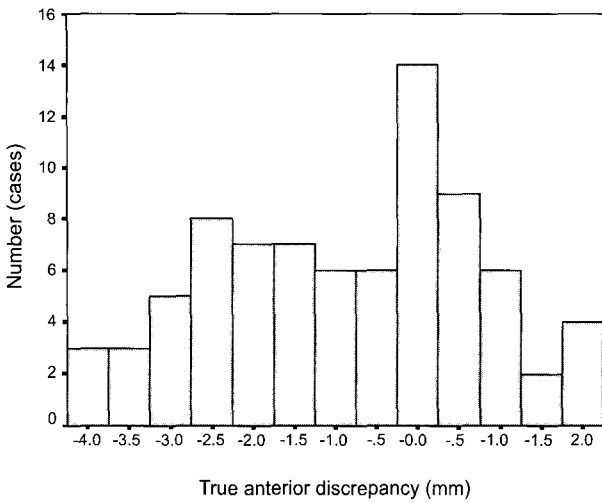


Fig 8. True anterior discrepancy from the set-up model.

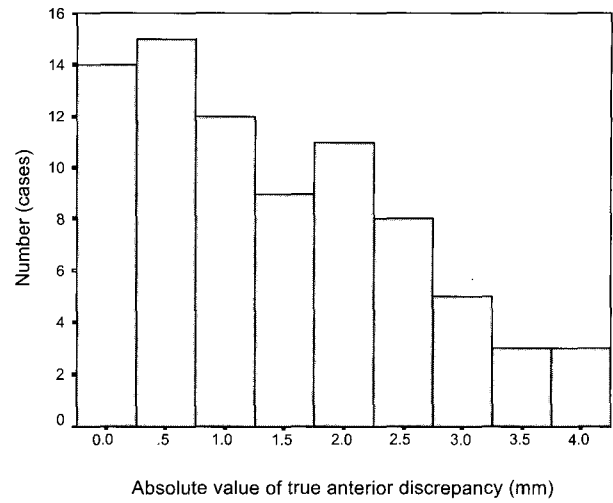


Fig 9. Absolute value of true anterior discrepancy.

Table 4. Comparison of anterior Bolton discrepancy with true anterior discrepancy (unit: mm)

	Mean	SD	Minimum	Maximum
TAD - ABD	-0.28	1.21	-3.1	2.3
TAD - ABD	1.00	0.74	0.0	3.1

SD, Standard deviation; TAD, true anterior discrepancy; ABD, anterior Bolton discrepancy; TAD - ABD, difference between TAD and ABD; |TAD - ABD|, absolute value of difference between TAD and ABD.

전치부 Bolton 부조화와 실제 전치부 부조화의 비교

치료 전 모형에서 예측한 전치부 Bolton 부조화와 셋업 모형에서 분석한 실제 전치부 부조화를 대응표본 *t*-검정을 사용하여 검정한 결과 차이를 보였다 ($p < 0.05$). Bolton 부조화와 실제 부조화 간의 산포도를 보면, 일정한 경향은 보이지만 넓게 퍼져 있는 것을 볼 수 있다 (Fig 10).

실제 전치부 부조화 양에서 전치부 Bolton 부조화 양을 뺀 차이를 보면, 평균 -0.28 mm로 Bolton 부조화와 비교했을 때 실제로는 보다 상악의 부족으로 나타남을 알 수 있었다 (Table 4, Fig 11).

또한 실제 전치부 부조화와 전치부 Bolton 부조화 사이의 차이의 절대값을 보면, 평균 1.0 mm, 표준 편차 0.74 mm를 나타냈다 (Table 4, Fig 12). 이는 어느 쪽이 크게 나타나든지 상관없이 실제와 Bolton 부조화간의 평균 차이가 1 mm임을 말한다.

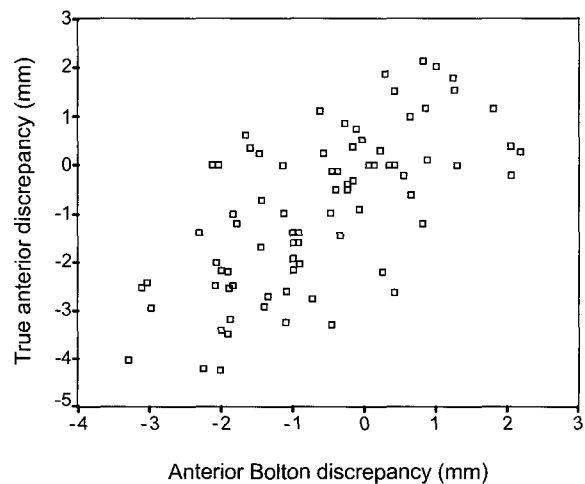


Fig 10. Scatterplot between anterior Bolton discrepancy and true anterior discrepancy.

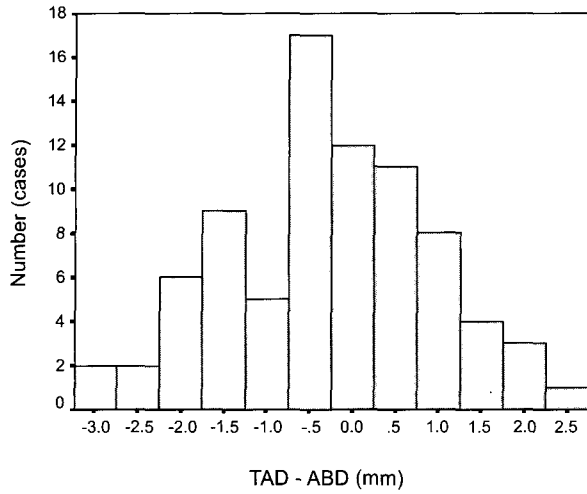


Fig 11. Difference between TAD (true anterior discrepancy) and ABD (anterior Bolton discrepancy).

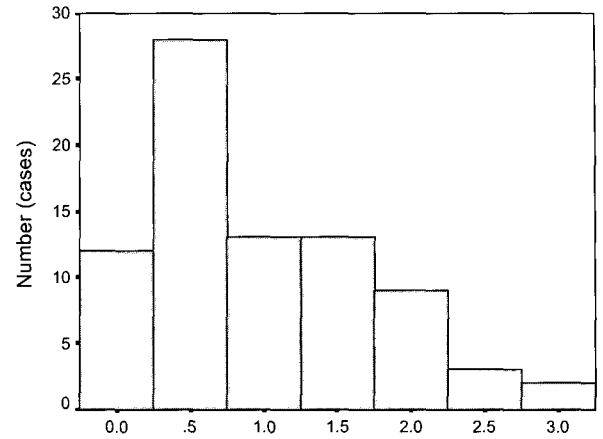


Fig 12. Absolute value of difference between TAD (true anterior discrepancy) and ABD (anterior Bolton discrepancy).

Table 5. Correlation coefficients between model measurements and true anterior discrepancy

Model measurements	Correlation coefficient
Anterior Bolton ratio	-0.667**
Anterior Bolton discrepancy	0.665**
Maxillary right lateral incisor width	0.304**
Maxillary left lateral incisor width	0.315**

** $p < 0.01$.

성별, 부정교합군의 실제 전치부 부조화에 대한 영향

실제 전치부 부조화에 성별 및 부정교합군이 영향을 주는지 알아보기 위해 이원배치 분산분석을 시행하였다. 그 결과, 성별 및 부정교합군 모두 실제 전치부 부조화에 영향을 주지 못하는 것으로 나타났다 ($p > 0.05$).

상악 치아의 절단면 두께와 수직피개의 실제 전치부 부조화에 대한 상관관계

상악 치아의 절단면 두께와 수직피개는 실제 전치부 부조화와 상관관계가 거의 없는 것으로 나타났다 (각각의 Pearson correlation coefficient는 0.038, -0.088).

모형 계측 항목 중 실제 전치부 부조화와 유의한 상관계수를 보이는 항목

모형 계측 항목 중 실제 전치부 부조화와 유의한 상관계수를 보이는 항목들은 전치부 Bolton ratio, 이것으로부터 예측된 전치부 Bolton 부조화, 상악 우측 측절치 폭경, 상악 좌측 측절치 폭경이 있었다 (Table 5).

치아 경사도 계측치

상하 전치의 경사도에 대한 치료 전과 치료 후, 그리고 치료 전후의 변화량은 Table 6에 있으며, 각각의 실제 전치부 부조화에 대한 상관계수는 Table 7에 나타나 있다.

Table 6. Labiolingual inclination of anterior teeth (unit: degree)

	Pre-treatment		Post-treatment		Treatment change	
	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD
U1 to SN	112.59	8.06	107.54	9.54	-5.04	9.90
U1 to FH	121.03	7.93	116.04	9.49	-4.99	10.00
U1 to PP	121.64	7.79	116.80	9.72	-4.84	10.12
U1 to OP	49.78	5.48	54.35	6.58	4.57	7.94
L1 to OP	70.84	10.35	74.89	7.72	4.05	9.40
Interincisal angle	120.63	12.82	129.24	9.98	8.62	15.52
L1 to MP	92.07	10.14	88.11	9.95	-3.96	8.42

SD, Standard deviation.

Table 7. Correlation coefficients between labiolingual inclination of anterior teeth and true anterior discrepancy

	Pre-treatment	Post-treatment	Treatment change
U1 to SN	-0.066	0.219	0.264*
U1 to FH	-0.045	0.247*	0.270*
U1 to PP	0.007	0.313**	0.295**
U1 to OP	-0.041	-0.388**	-0.293**
L1 to OP	0.179	0.098	-0.116
Interincisal angle	0.126	-0.180	-0.220*
L1 to MP	-0.124	-0.024	0.121

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

유의한 상관계수를 갖는 항목으로는 치료 후 상악 전치가 교합 평면과 이루는 각이 경사도에 관한 여러 계측치 중에서 가장 상관관계가 높았으며, 그 밖에 치료 후 상악 전치가 구개 평면, FH 평면과 이루는 각이 유의성이 있었다. 치료 전후 변화량을 보면 상악 전치가 교합 평면, 구개 평면, FH 평면, SN 평면과 이루는 각이 유의한 상관성을 보였고, 치료 전후 절치간 각 변화량도 유의성이 있었다.

치료 전 계측 항목은 어떤 항목도 유의한 상관성을 보이지 않았고, 치료 전후에 하악 전치가 교합 평면 및 하악 평면과 이루는 각 역시 유의성 있는 항목이 없었다.

회귀분석

전치부 Bolton ratio 한 개만을 독립변수로 사용하

고, 실제 전치부 부조화를 종속변수로 하는 단순회귀 분석을 시행한 경우, 상관계수(R)는 0.667, 결정계수(R square)는 0.445, 수정된 결정계수(adjusted R square)는 0.438로 나타났다.

$$Y = 39.520 - 0.517 \times (\text{전치부 Bolton ratio})$$

반면에 여러 개의 독립변수를 단계적으로 투입하여 다중회귀분석을 시행한 경우에는 상관계수는 0.789, 결정계수는 0.622, 수정된 결정계수는 0.602로 나타났다.

$$Y = 31.121 - 0.462 \times (\text{전치부 Bolton ratio}) - 0.131 \times (\text{치료 후 U1 to OP}) + 0.046 \times (\text{치료 후 interincisal angle}) + 0.719 \times (\text{상악 우측 측절치 폭경})$$

고 안

한국인 부정교합자를 대상으로 조사한 본 연구의 전치부 Bolton ratio를 보면, Bolton²의 연구대상에서 조사되었던 것보다 평균은 유의하게 크게 나타났으며 ($p < 0.05$), 범위, 표준편차도 크게 나타났다. 또한 한국인 정상교합자를 대상으로 조사했던 이와 장⁷의 연구와 비교 시에도 비슷한 결과를 보이는데, 즉 평균은 유의하게 크게 나타났으며 ($p < 0.05$), 범위, 표준편차 모두 약간씩 크게 나타났다. 이것은 연구대상의 차이로 생각되는데, Bolton²은 이상적인 교합을 가진 자를 대상으로 조사하였고, 이와 장⁷도 연구대상이 한국인이기는 하지만 정상교합자를 대상으로 한 반면, 본 연구에서는 한국인 부정교합자를 대상으로 하였다. 본 연구결과를 부정교합자를 대상으로 연구한 Crosby와 Alexander,⁸ Freeman 등,⁹ Santoro 등¹⁰의 결과와 비교해 보았을 때는 전치부 Bolton ratio의 평균은 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았고 ($p > 0.05$), 범위 및 표준편차는 이들 연구보다 작게 나타났다. 범위 및 표준편차가 작게 나타나는 것은 인종적인 차이로 생각된다. 결론적으로 한국인 부정교합자는 정상교합자에 비해 전치부 Bolton ratio가 평균적으로 더 크기 때문에 ($p < 0.05$), 상대적인 하악 전치부의 과잉이 상대적으로 더 많을 수 있다. 그리고, 범위와 표준편차가 크게 나타났다는 것은 부정교합군이 정상교합군보다 전치부 Bolton ratio에서 변화가 더 크다는 것을 보여준다. 전치부 Bolton ratio로부터 예측한 전치부 Bolton 부조화를 살펴보면 평균 -0.63 mm로서 상악 전치부의 상대적인 부족이 우세할 것으로 추정되었다.

Bolton ratio의 가장 큰 장점은 교정의료 하여금 진단용 셋업 모델을 만들지 않고도 기능적이고 심미적인 치료 결과를 얻기 위한 치료 계획을 얻을 수 있으며 계획이 쉽고 빨라서 임상적인 도구가 될 수 있다는 점이다.⁷ 그러나 Bolton은 양호한 교합을 대상으로 조사하였고, 따라서 이것을 부정교합에 그대로 적용하는 것은 문제가 될 수 있다. 그리고, 양호한 교합이라고 하였으나 양호한 교합선택의 기준이 명시되지 않았고, 44개의 치료 증례에 대한 치료 전 부정교합 또한 명시되지 않아 실험군 설정 기준이 명확하지 않다는 점이 비판을 받고 있다.⁷ 또한 Bolton 표본은 인종과 성별이 명시되지 않아 이를 단점으로 말하는 이도 있다.¹¹ 무엇보다도 중요하다고 생각되는 것은 Bolton 표본의 전치부 ratio 역시 범위 (74.5-80.4%)

를 갖고 있으므로, 이러한 variation을 무시하고 평균값을 적용하여 치아크기 부조화를 알아내려는 것은 한계가 있다는 점이다.

한편 치아크기 부조화를 평가하기 위해 수학적 공식을 발견하기에 앞서 셋업 모형의 제작은 유일한 이용가능한 진단 도구였다.¹ 이러한 셋업 모형의 정확성에 대해 Fields¹²는 실제 문제점에 좀 더 접근할 수 있으며, 가장 적합하고 실행 가능한 치료 방법을 알아낼 수 있는 방법이라고 하였고, Halazonetis¹³는 어려운 증례에서 치아크기 부조화의 정확한 진단 및 포괄적인 치료 계획은 소프트웨어가 아니라 하드웨어, 즉 diagnostic 셋업에 의해 가장 잘 수행된다고 하였으며, 가장 정확한 방법은 셋업 모형을 제작하는 것이라고 하였다.

이상과 같은 이유와 더불어, 치료 후 모형이라 하더라도 수평피개 및 견치 관계는 다양하므로 실제 전치부 부조화를 파악하기 위해서는 이를 표준화해야 할 필요가 있다. 따라서 본 연구에서는 치료 후 모형을 복제한 후 이를 표준화된 전치부 관계로 셋업하여 실제 전치부 부조화를 얻었다. 이렇게 함으로써 2차원 분석 및 수학적 접근에 의한 한계점을 극복하고자 하였다. 이상적인 수평피개 및 I급 견치 관계로 셋업 모형을 만들고 난 후 이상적인 전치부 비율을 보면, 이는 77.2%로 고정된 값을 갖는 것이 아니라 평균 76.8%, 표준편차 1.90%, 범위 72.8-80.7%를 갖는 정규분포를 보이는 것을 알 수 있다. 따라서 77.2%라는 Bolton의 평균값으로만 부조화를 예측하는 것은 한계가 있음을 알 수 있다. 즉, 이것은 72.8%라는 전치부 비율을 갖는 경우에도 이상적인 전치부 관계를 가질 수 있으며, 80.7%라는 전치부 비율을 갖는 경우에도 이상적인 전치부 관계를 가질 수 있다는 것을 의미한다. 실제 전치부 부조화를 보면, 평균은 -0.91 mm로서 실제로는 상악 전치부의 부족이 좀 더 심하게 나타났다. 이것은 부정교합 환자를 치료하면서, 많은 경우 하악 전치부의 과잉에 의한 문제에 직면하게 되는 것과 일치하는 부분이다. 따라서 교정의료가 주로 상악 전치부보다는 하악 전치부를 stripping하게 되고, 경우에 따라서는 하악 전치 한 개를 발거하여 치료하는 이유가 된다. White¹⁴도 대부분의 치아크기 부조화는 하악 치아의 과잉 때문이라고 한 바 있다. 그리고, 상악의 과잉, 부족을 포함한 실제 전치부 부조화의 절대값을 보면 평균 1.42 mm, 표준편차 1.16 mm로 나타났는데, 이것은 상악의 과잉으로 나타나는, 부족으로 나타나는 간에 1.42 ± 1.16 mm의 실제 부조화를 보이

고 있다는 것을 의미한다. Proffit¹⁵은 1.5 mm 이내의 치아크기 부조화는 별로 유의성을 가지지 않지만, 이보다 큰 부조화는 치료시 문제점을 야기할 수 있고, 따라서 교정 치료시 문제 목록에 포함시켜야 한다고 하였다. 이에 따르면, 이번 연구에서는 45%가 1.5 mm 이상의 치아크기 부조화를 나타내므로, 45%에서 치료 시 문제점을 야기할 수 있는 부조화를 보인다고 할 수 있다.

한편, 치료 전 전치부 Bolton ratio로부터 예측한 전치부 Bolton 부조화와 셋업 모형에서 얻은 실제 전치부 부조화를 대응표본 *t*-검정을 사용하여 검정해 보았을 때 유의한 차이를 보였다 ($p < 0.05$). 이는 Bolton ratio의 한계점을 보여주며, 임상적으로 이를 적용할 때 한계점을 명확히 인식해야 할 필요성을 말해준다. 실제 전치부 부조화에서 전치부 Bolton 부조화를 뺀 차이를 보면, 평균 -0.28 mm로 나타났는데, 이것은 교정의가 치료 전 모형에서 예측하는 것보다는 실제로는 상악 전치부 크기의 부족으로 나타나는 경우가 많다는 것을 의미한다. 따라서 Bolton 분석에 의하여 전치부 부조화를 예측하는 경우보다 실제로는 상악 전치부의 부족이 더 심하게 나타날 수 있다는 것을 감안하여야 하겠다. 실제 전치부 부조화와 전치부 Bolton 부조화의 차이에 대한 절대값을 보면 평균 1.00 mm, 표준편차 0.74 mm로서, 어느 쪽이 크게 나타나는지 간에 치료 전 Bolton ratio로 예측하는 것은 1.00 ± 0.74 mm의 오차를 가진다는 것을 의미한다.

성별 및 부정교합군에 따라서 실제 전치부 부조화에 차이를 나타내는가를 보면 이원배치 분산분석 결과 유의한 차이를 보이지 않았다 ($p > 0.05$). 이는 Nie와 Lin¹⁶이 성별에 따라서 치아크기 부조화에 차이를 보이지 않는다고 한 것과 일치한다. 반면에 부정교합군에 대해서는 Nie와 Lin¹⁶은 전치부 부조화에 차이를 보인다고 하였고, Crosby와 Alexander⁸는 차이를 보이지 않는다고 하여 일치된 의견을 보이지 않았다. 하지만, 이전까지의 연구는 모두 치료 전 모형에서 Bolton 분석에 의하여 예측된 결과이며, 실제 치료 시에 얼마나 부조화가 있었는가를 가지고 연구한 것이 아니었다. 따라서 Bolton 분석에 의한 예측치와 실제 부조화가 차이가 있을 수 있다는 점을 감안한다면, 이전까지의 연구는 어느 정도 한계를 갖는다고 말할 수 있다.

상악 중절치의 절단면 두께가 실제 전치부 부조화와 관련성이 있는가를 알아보고자 한 것은 이전의 연구에서 치아의 두께가 전치부 부조화에 영향을 미치

리라고 생각하였기 때문이다. Halazonetis¹³는 절단면 두께에 따라서 이상적인 Bolton ratio는 다르게 나타난다고 하였고, 0.2 mm의 두께 변화는 Bolton ratio의 1%에 해당한다고 하였으며, 1 mm의 두께 변화는 거의 3 mm의 부조화에 해당한다고 하였다. 그러나, 이 연구에서 고려할 점은 Halazonetis¹³의 연구는 2차원적인 기하학적 관계에 바탕을 둔 것이며, 이러한 2차원적인 관계는 실제 3차원 상에는 다르게 나타날 수 있다는 것이다. 그리고, 절단면 두께가 이상적인 Bolton ratio에 영향을 줄 수 있는 요소 중 하나이기에는 하겠지만, 절단면 두께의 기여도가 그의 논문에서 말한 정도가 될 지는 의문이다 (왜냐하면 다른 요소가 더 큰 영향을 줄 수 있기 때문이다. 즉, 여기서는 다른 요소가 모두 정상이라는 가정 하에 있다). 한편 Rudolph 등¹은 positioner 셋업 모형을 이용하여 치아 두께가 치아크기 부조화에 미치는 영향을 보고자 하였는데, 그는 수직피개를 2.5 mm로 고정하고, 교합접촉 수준에서 crown gauge를 이용하여 상악 중절치의 순설측 두께를 측정하였다. 이 경우에는 수직피개를 일정하게 하였으므로, 각각의 예에서 수평피개는 일정하지 않을 것이며, 따라서 수평피개의 영향으로 이상적인 비율이 변하는지 아니면 치아 두께의 영향으로 변하는지 구분하기가 어렵다. 일반적으로 치아 두께가 커지면 같은 수직피개를 유지하기 위해서는 수평피개가 커지리라고 예상할 수 있다.

본 연구에서는 수평피개를 0.7 mm로 일정하게 고정하였으며, 이 때 수평피개는 Bolton²이 정의한 것처럼 상악 중절치의 절단면과 설측면이 만나는 교차점으로부터 하악 중절치의 순면까지의 거리로 정의하였다. 이렇게 함으로써 수평피개가 실제 부조화에 미치는 영향을 표준화하였고, 치아의 절단면 두께가 실제 부조화에 미치는 영향을 분리할 수 있었다. 연구결과를 보면 절단면 두께에 의해서는 실제 전치부 부조화에 차이를 보일 수 없다고 나타났다. 이것은 절단면 두께 단독으로는 부조화에 미치는 영향이 작다고 할 수 있으며, 이 요소보다는 다른 요소가 실제 전치부 부조화에 미치는 영향이 더 크다는 것을 나타낸다. 단, Rudolph 등¹의 연구에서 기술한 것처럼 치아의 두께를 교합접촉점에서의 순설측 두께로 정의할 경우, 수직피개를 일정하게 한다면 치아 두께가 커질수록 수평피개가 커지면서 이상적인 비율 및 실제 전치부 부조화에 미치는 영향이 커지게 될 것이라는 것은 어느 정도 받아들일 수 있다고 생각된다.

그리고, 수직피개와 실제 전치부 부조화와의 관련

성을 보면 거의 상관관계가 없는 것으로 나타났다. 이것은 본 연구에서 이상적인 수평피개를 0.7 mm로 고정하여 놓고 셋업을 시행하였기 때문으로 추정된다. 즉, 본 연구의 셋업에서는 하악 중절치가 상악 중절치의 설측면에 접촉하도록 하여 수직피개를 측정하였으므로 결국, 수평피개가 일정할 경우 수직피개는 치아의 경사도 및 치아의 순설측 두께, 변연융선 두께 등에 의하여 결정된다. 따라서 이 경우 수직피개는 위에서 언급한 요인에 의하여 자동적으로 결정되며, 수직피개 자체는 실제 부조화에 거의 영향을 미치지 못할 것으로 생각된다. 하지만 만약 셋업 시에 수직피개가 변하면서 수평피개가 변하도록 한다면 수직피개가 실제 부조화에 영향을 미칠 수 있으리라고 추정된다.

실제 전치부 부조화와 유의하게 상관성을 갖는 모형 계측 항목들을 조사하였을 때 전치부 Bolton ratio가 -0.667로서 제한적이기는 하지만 가장 높은 상관계수를 보였고, 이로부터 예측된 Bolton 부조화는 0.665의 상관계수를 보였다. 이것은 전치부 Bolton ratio가 한계를 갖지만, 실제 전치부 부조화를 예측하는 중요한 요소임을 의미한다고 생각된다. 또한 치아 근원심 폭경 중에서는 치료 전 상악 우측 및 좌측 측절치가 유의한 상관성을 보여, 상악 측절치가 전치부 치아크기 부조화에 어느 정도 기여한다는 사실을 유추할 수 있다. 실제 Binder와 Cohen¹⁷은 임상 검사 시에 상악 측절치를 하악 측절치의 크기와 비교하여 예비적으로 치아크기 부조화 분석을 시행한다고 하였는데, 이번 연구 결과가 이를 설명해 준다.

치아 경사도에 관한 항목 중에는 치료 후 상악 전치가 교합 평면과 이루는 각이 가장 상관관계가 높았고, 그 밖에 치료 후 상악 중절치가 구개평면, FH 평면과 이루는 각이 유의성이 있었다. 또한 치료 전후 상악 전치 경사도 변화량 및 치료 전후 절치간각 변화량이 유의한 상관계수를 가졌다. 치료 전 계측 항목은 어떤 항목도 유의한 상관계수를 가지지 않았고, 치료 전후에 하악 전치가 교합 평면 및 하악 평면과 이루는 각 역시 유의한 항목이 없었다. 이는 치료 전의 상하 전치의 경사도가 어떻게 나타나도 이것이 직접적으로 실제 전치부 부조화에 관여하지 않는다는 것을 말하며, 중요한 것은 치료 후의 상악 전치가 이루는 각 및 치료 전후 상악 전치 경사도 변화량이라는 사실을 말해준다. 하악 전치가 이루는 각은 실제 부조화와 유의한 상관계수를 가지지 않아 경사도의 변화량이 치열궁 길이에 상악만큼 크게 기여하지 않는다

고 유추할 수 있다. 상악 전치와 하악 전치의 이같은 차이는 치판의 크기 및 형태에 기인한다고 생각된다.¹⁸

실제 전치부 부조화를 종속변수로 하고 전치부 Bolton ratio 하나만을 독립변수로 하는 단순회귀분석을 시행했을 때, 이때 회귀방정식의 상관계수는 0.667, 결정계수는 0.445, 수정된 결정계수는 0.438로 나타났다. 반면에 여러 개의 독립변수를 단계적으로 투입하여 다중회귀분석을 시행한 결과에서는 전치부 Bolton ratio 이외에도 다른 요소가 기여하는 것으로 나타났다. 다중회귀 분석의 상관계수는 0.789, 결정계수는 0.622, 수정된 결정계수는 0.602로 나타나, 전치부 Bolton ratio 한 개만을 독립변수로 하는 분석보다는 좀 더 유의한 결과를 보여준다.

이 다중회귀분석 결과를 보면 전치부 Bolton ratio 외에도 상악 우측 측절치 폭경을 보완적으로 적용하고, 또한 치료 후의 상하 전치의 경사도를 예측할 수 있다면 좀 더 정확한 실제 전치부 부조화를 예측할 수 있으리라고 생각한다.

결 론

본 연구는 부정교합자를 대상으로 하여 실제 전치부 치아크기 부조화가 나타나는 양상을 조사하고, 그것에 영향을 주는 요인에 대해 평가하고자 하였다.

연구대상은 다양한 부정교합(Class I, Class II, Class III, Class III surgery)을 가졌으며, 교정치료를 마친 80명의 환자들로 구성되었다. 치료 전 모형, 치료 후 모형으로부터 얻어진 셋업 모형, 그리고 치료 전후 측모 두부 X-선 계측사진을 분석하였으며 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 한국인 부정교합자의 전치부 Bolton ratio는 Bolton의 표본 및 한국인 정상교합자 표본과 비교해 보았을 때 평균, 표준편차, 범위가 다소 크게 나타났다.
2. 실제 전치부 부조화는 상악의 부족을 보이는 경우가 상악의 과잉을 보이는 경우보다 많았다.
3. 전치부 Bolton ratio로부터 예측한 전치부 부조화는 셋업 모형을 통해서 얻은 실제 전치부 부조화와 비교해 보았을 때 차이를 보였다 ($p < 0.05$).
4. 성별 및 부정교합군은 실제 전치부 부조화에 유의한 차이를 보이지 않았다 ($p > 0.05$).
5. 수직피개와 상악 치아 절단면 두께는 실제 전치부 부조화와 상관관계가 거의 없는 것으로 나타났다.

6. 다중회귀분석 결과 실제 전치부 부조화에는 치료 전 모형의 전치부 Bolton ratio, 치료 후 상악 전치가 교합평면과 이루는 각, 치료 후 절치간각, 치료 전 상악 우측 측절치 폭경 등의 요인이 기여하는 것으로 나타났다.

이상으로부터 우리는 진단 시에 흔히 사용하는 전치부 Bolton ratio가 실제로는 전치부 치아크기 부조화를 예측하는데 한계가 있다는 것을 알 수 있었고, 따라서 전치부 Bolton ratio 이외에 상악 측절치 폭경, 예상되는 치료 후 전치 경사도 등의 요소를 포함한다면 좀 더 정확한 예측이 가능하리라고 본다.

참 고 문 헌

1. Rudolph DJ, Dominguez PD, Ahn K, Thin T. The use of tooth thickness in predicting intermaxillary tooth-size discrepancies. *Angle Orthod* 1998;68:133-8.
2. Bolton WA. Disharmony in tooth size and its relation to the analysis and treatment of malocclusion. *Angle Orthod* 1958;28:113-30.
3. Bolton WA. The clinical application of a tooth-size analysis. *Am J Orthod* 1962;48:504-29.
4. Tuverson DL. Anterior interocclusal relations. *Am J Orthod* 1980;78:361-70.
5. Moyers RE. *Handbook of orthodontics*. Chicago: Year Book Medical Publishers, Inc.; 1988.
6. Dahlberg G. *Statistical methods for medical and biological students*. London: Allen; 1948.
7. 이유현, 장영일. 한국인 정상 교합자의 전치 폭경 비율과 전치부 수직 꺾개도에 관한 연구. *서울치대논문집*; 1998.
8. Crosby DR, Alexander CG. The occurrence of tooth size discrepancies among different malocclusion groups. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1989;95:457-61.
9. Freeman JE, Maskeroni AJ, Lorton L. Frequency of Bolton tooth-size discrepancies among orthodontic patients. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1996;110:24-7.
10. Santoro M, Ayoub ME, Pardi VA, Cangialosi TJ. Mesiodistal crown dimensions and tooth size discrepancy of the permanent dentition of Dominican Americans. *Angle Orthod* 2000;70:303-7.
11. Smith SS, Buschang PH, Watanabe E. Interarch tooth size relationships of 3 populations: "Does Bolton's analysis apply?". *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2000;117:169-74.
12. Fields HW. Orthodontic-restorative treatment for relative mandibular anterior excess tooth-size problems. *Am J Orthod* 1981;79:176-83.
13. Halazonetis DJ. The Bolton ratio studied with the use of spreadsheets. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1996;109:215-9.
14. White LW. The clinical use of occlusograms. *J Clin Orthod* 1982;16:92-103.
15. Proffit WR. *Contemporary orthodontics*. St. Louis: Mosby; 1993.
16. Nie Q, Lin J. Comparison of intermaxillary tooth size discrepancies among different malocclusion groups. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1999;116:539-44.
17. Binder RE, Cohen SM. Clinical evaluation of tooth-size discrepancy. *J Clin Orthod* 1998;32:544-6.
18. Bennett JC, McLaughlin RP. *Orthodontic management of the dentition with the preadjusted appliance*. Oxford: Isis Medical Media; 1997.

- ORIGINAL ARTICLE -

A study on the anterior tooth size discrepancies among orthodontic patients with varying malocclusions

Hyeok-Soo Kim, DDS, MSD,^a Hae-Young Shim, DDS, MSD,^a
Dong-Seok Nahm, DDS, MSD, PhD^b

Bolton analysis is widely used to predict tooth size discrepancy, but its accuracy has been challenged. The purpose of this study was to describe true anterior tooth size discrepancies among orthodontic patients and to evaluate the factors that affect true anterior tooth size discrepancies. The subjects consisted of 80 patients with varying malocclusions (Class I, Class II, Class III, and Class III surgery) who were treated orthodontically. Pre-treatment models, set-up models from post-treatment models, and lateral cephalometric radiographs were analyzed. The results were as follows. The means, the standard deviations, and ranges of anterior Bolton ratio in the present study were somewhat higher than those of Bolton's samples and Korean normal samples. The number of patients showing maxillary deficiency was larger than that of patients showing maxillary excess in view of true anterior discrepancies. There was a significant difference between anterior Bolton discrepancy from pre-treatment models and true anterior discrepancy from set-up models ($p < 0.05$). There was no significant difference in true anterior discrepancies among malocclusion groups ($p > 0.05$). And there was also no significant difference between the male and female groups ($p > 0.05$). Overbite and the incisal edge thickness of maxillary anterior teeth have little relationship with true anterior discrepancies. Multiple regression analysis showed that true anterior discrepancy was mainly determined by anterior Bolton ratio, upper incisor to occlusal plane angle after treatment, interincisal angle after treatment, and upper right lateral incisor width.

Korean J Orthod 2005;35(6):420-32

※ **Key words:** Anterior Bolton ratio, Anterior Bolton discrepancy, True anterior discrepancy

^a Graduate Student, ^b Professor, Department of Orthodontics, School of Dentistry, Seoul National University

Reprint requests: Dong-Seok Nahm

Department of Orthodontics, School of Dentistry, Seoul National University, 28-22 Yungeon-Dong, Chongro-Gu, Seoul 110-749, Korea

+82 2 2072 2674

dsnahm@snu.ac.kr

Received September 8, 2004; Last Revision November 26, 2004; Accepted November 28, 2004