

## 한국인에서의 부정교합 여부와 골격형태, 연령, 성별에 따른 교합력의 비교

윤혜림<sup>a</sup> · 최윤정<sup>b</sup> · 김경호<sup>c</sup> · 정주령<sup>d</sup>

본 연구는 한국인 정상교합자와 부정교합자 사이의 교합력의 크기와 교합 시의 접촉 면적의 차이 및 골격 형태와 교합 관계, 연령, 성별이 교합력의 크기에 영향을 미치는지 알아보기 위해 시행되었다. 정상교합자 15명, 부정교합자 636명에서 일회용 pressure sensitive sheet (Dental Prescale<sup>®</sup> 50H, typeR, Fuji Film Corp., Tokyo, Japan)를 자연 두부위에서 최대 근력으로 교합하도록 한 후, CCD camera (Occluzer<sup>®</sup> FPD 707, Fuji Film Corp., Tokyo, Japan)로 판독하여 교합력의 크기 및 접촉 면적을 측정하였다. 정상교합자군의 교합력의 크기는  $744.5 \pm 262.6$  N, 접촉면적은  $24.2 \pm 8.2$  mm<sup>2</sup>으로, 부정교합자군의  $439.0 \pm 229.9$  N,  $12.4 \pm 10.7$  mm<sup>2</sup>에 비해 교합력의 크기와 접촉 면적이 유의하게 컸다 ( $p < 0.05$ ). 부정교합자군의 경우 연령에 따른 교합력의 차이는 없었으나, 남자가 여자에 비해 큰 교합력을 가지고 있었다 ( $p < 0.05$ ). 악안면의 전후방적인 골격 형태를 나타내는 ANB 및 골격성 1급 부정교합에서의 구치부의 Angle 분류는 교합력에 유의한 차이를 나타내지 않았으나, 수직적인 골격 형태를 구분하는 mandibular plane angle, gonial angle이 큰 경우, 교합력이 유의하게 작았다 ( $p < 0.05$ ). 하지만, 교합력의 크기와 접촉 면적 간에는 높은 상관관계가 존재하는 점과 접촉 면적을 통제 한 상태에서의 골격 형태와 교합력의 크기 사이에는 유의할 만한 상관관계가 없는 점을 고려한다면 수직적인 골격 형태가 직접적으로 교합력에 영향을 주기보다는 수직적인 골격 형태에 따른 접촉 면적의 감소가 교합력 저하에 관여한다고 판단된다. (대치교정지 2010;40(5):304-313)

**주요 단어:** 교합력, 교합 접촉 면적, 악안면 골격형태

### 서론

구강악안면 저작계의 형태학적 요소와 기능적 요소의 관계는 오랫동안 치과 임상가들의 관심사였고, 기능적 요소의 하나의 지표로 교합력에 대해 많은 연구가 진행되고 있다. 교합력은 치아의 맹출 및 맹출 후 치아의 위치, 치주조직의 유지에도 중요한 기능을 담당한다.<sup>1,2</sup> 교합력은 안면부의 성장과 형태에도 영향을 준다고 알려져 있다. Proffit 등<sup>3</sup>은 교합력이 약한 경우 구치부 치아의 과맹출로 인해 하악

이 시계방향으로 회전하여 개교합과 수직 과성장인 유발된다는 가설을 제시하였고, 하악의 크기와 하악각 등 하악의 형태와 교합력 간의 상관관계도 보고되고 있다.<sup>4</sup> 또한 교합되는 힘의 차이로 인해 생기는 부하의 차이가 측두하악관절에 가해지는 부하에 영향을 주어 측두하악과두의 형태의 차이를 가져온다는 보고도 있으며,<sup>5</sup> 측두하악장애의 증상이 있는 사람들이 그렇지 않은 경우보다 교합력이 작다고도 알려져 있다.<sup>6</sup>

교합력은 교정치료의 진단과 치료에 있어서도 많은 영향을 미친다. 정상적인 교합력이 작용하는 치아와 그렇지 않은 치아는 교정적 치아이동에 의한 치근손상의 정도와 교정력 적용 후의 치주조직 회복 속도에 있어서 차이를 보일 수 있다.<sup>6</sup> 악정형 장치에서도 교합력에 따라 힘의 작용 방향에 따른 효과에 차이가 날 수 있으며,<sup>7</sup> 발치 치료에서의 고정 원 조절에도 교합력이 영향을 줄 수 있다.<sup>8,9</sup> 또한 고정성 장치를 이용한 교정치료 중에는 여러 가지

<sup>a</sup>전공의, <sup>b</sup>임상조교수, <sup>c</sup>교수, <sup>d</sup>조교수, 강남세브란스병원 치과교정과, 연세대학교 치과대학 교정학교실, 구강과학연구소, 두개안면기형연구소.

교신저자: 정주령

서울시 강남구 언주로 712, 연세대학교 강남세브란스병원 치과교정과, 02-2019-3567; e-mail, crchung@yuhs.ac.

원고접수일: 2010년 5월 22일 / 원고최종수정일: 2010년 7월 5일 / 원고채택일: 2010년 7월 19일.

DOI: 10.4041/kjod.2010.40.5.304

\*본 연구는 2009학년도 연세대학교 치과대학 연구비에 의하여 이루어졌음.

요소에 의해 수직력이 생기게 되므로, 수직력에 의한 영향을 예측하는데 교합력의 크기를 평가하는 것이 중요할 것이다.

하지만 방사선, 인상 채득 등을 통한 형태학적인 분석과는 달리 교합력과 같은 기능적인 요소는 수치화하여 평가하는데 어려움이 따를 수 있다. 교합력의 크기의 측정은 1950년대에 strain gauge의 발달에 힘입어 처음으로 이루어진 후,<sup>10-12</sup> 주로 steel bar와 strain gauge로 구성된 장치,<sup>10-13</sup> 또는 3 - 4 mm 두께의 금속 miniature bite fork를 이용하여 구치부에서의 교합력을 측정하는 방법이 사용되었다.<sup>14</sup> 하지만 이런 방법은 장치에 의해 교합이 최소 5 mm 이상 열린 상태에서 교합력을 측정하게 되므로 실제로 교두 감합을 이루는 상태에서의 교합력의 크기를 측정할 수 없고, 금속 장치를 교합하는 것에 대한 두려움 때문에 최대 근력으로 교합할 수 없는 단점이 있었다. 이에 Gibbs 등<sup>15</sup>은 구내장치를 사용하지 않고 교합력을 간접적으로 측정하는 방법을 개발하였는데 교합 시 이마와 턱으로 전파되는 음파 진동을 감지하고 증폭시켜 교합력의 크기를 계산하였다. 이 방법은 최대교두감합위가 된 상태에서의 교합력의 크기를 측정할 수 있는 장점이 있으나 교합력을 직접 측정하지 않고 전파되는 음파를 측정하여 계산된 값을 이용하므로 오차가 크다는 단점이 있다. 따라서 교합력의 크기를 측정하는데 좀 더 간편하면서도 직접적으로 교합력을 측정할 수 있고 오차가 적은 측정방법이 필요하게 되었고, 최근에는 악궁 형태의 일회용 pressure sensitive sheet (Dental Prescale<sup>®</sup> 50H, type R, Fuji Film Corp., Tokyo, Japan)와 이것을 판독하여 교합력을 측정할 수 있는 CCD camera (Occluzer<sup>®</sup> FPD 707, Fuji Film Corp., Tokyo, Japan)를 개발하여 간단히 교합력의 크기를 측정하고 다양한 연구 분야에도 활용하고 있다.<sup>16-18</sup>

구강악안면계의 형태나 기능적인 요소 등은 인종이나 문화의 차이에 의해 달라질 수 있는데, 그 예로 원시적 문화에서 사는 사람이 문명인보다 교합력이 크다고 하였으며,<sup>19</sup> 에스키모인에서의 교합력이 150 kg인 반면, 유럽과 미국인에서의 교합력이 60 - 75 kg라고 보고된 바 있다.<sup>15,20</sup> 따라서 각 인구 집단에 있어서의 기준치는 다를 수 있다. 한국인의 경우 두부방사선 계측치, 치아와 악궁에 대한 계측치와 같은 형태적인 요소에 대한 연구는 많이 이루어져서 진단에 대한 기준치가 마련되어 있는 반면, 기능적인 요소를 평가하기 위한 연구는 상대적으로

부족하며 교합력의 크기에 대한 기준치가 부재한 실정이다. 이에 본 연구에서는 dental prescale system을 이용하여 한국인 정상교합자의 교합력의 크기를 조사하고, 부정교합자의 나이와 성별, 부정교합의 양상에 따른 교합력 크기의 차이를 비교하고자 하였다.

## 연구방법

### 연구대상

#### 정상교합자군

임상검사, 측모두부규격방사선검사, 치아 석고 모형 평가를 통해 다음의 조건을 만족하여 정상교합을 가지고 있다고 판단된 한국인 20대 지원자 15명을 대상으로 하였다.

#### 정상교합의 조건

1. 측모두부규격방사선 사진을 계측, 분석해 보았을 때 ANB, Wits, APDI, Mandibular plane angle, Gonial angle 등 골격의 전후방, 수직적 분석치가 모두 한국인의 평균 범주 안에 있는 경우<sup>21</sup>
2. Arch length discrepancy가 2 mm 이하이면서 I급 견치 및 구치관계를 가지고, 모형분석을 통해 정상적인 수직, 수평 피개를 가지고 있으며 제3대구치를 제외하고 결손된 치아가 없는 경우

15명 중에서 남자는 11명, 여자는 4명이었으며 평균연령은 23.4세였다. 모두 교정치료 경험이 없었으며, 특이할 만한 턱관절 증상을 가지고 있지 않았다.

#### 부정교합자군

연세대학교 강남세브란스병원 치과교정과에 2009년 5월부터 2009년 10월까지 다양한 주소로 내원한 모든 환자 714명 중에서 다음의 조건을 만족하는 환자 636명을 대상으로 하였다. 연구대상 수집 및 자료 채득에 관하여 기관 IRB 승인을 받고, 환자의 동의(informed consent)를 얻은 뒤 연구를 진행하였다.

- 초진 시 촬영한 측모두부규격방사선 사진, 치아 석고 모형이 있는 환자

**Table 1.** Numbers of subjects by age and gender in malocclusion group

Age (year)	0 - 10	11 - 20	21 - 30	31 - 40	41 - 50	Total
Male (%)	45 (7.1%)	113 (17.8%)	66 (10.4%)	16 (2.5%)	8 (1.3%)	248 (39.0%)
Female (%)	72 (11.3%)	144 (22.6%)	114 (17.9%)	42 (6.6%)	16 (2.5%)	388 (61.0%)
Total (%)	117 (18.4%)	257 (40.4%)	180 (28.3%)	58 (9.1%)	24 (3.8%)	636 (100%)

- 위의 정상교합의 기준에서 벗어나며 부정교합을 가지고 있다고 진단된 환자
- 후천적으로 상실된 영구치가 없고, 교정치료를 받은 경험이 없는 환자

이들을 성별에 따라 남자, 여자군으로 나누고, 연령에 따라 0 - 10세, 11 - 20세, 21 - 30세, 31 - 40세, 41 - 50세의 연령군으로 분류하였다 (Table 1).

**연구방법**

**교합력의 크기와 접촉 면적의 평가**

교합력 채득 전 치아 석고 모형상에서 악궁의 크기를 평가하여 적절한 크기의 pressure-sensitive sheet (Dental Prescale® 50H, type R, Fuji Film Corp., Tokyo, Japan)를 선택하고 교합면이 모두 sheet로 덮히는지 확인하였다. 먼저 교합력의 측정 전 피험자에게 최대 교두 감합위에 대해 설명 후 wax bite 및 측정 필름과 같은 두께의 연습 종이로 씹는 위치를 연습하였다. 또한 최대 근력을 유도하기 위하여 피험자에게 치아 파절이나 외상의 위험이 없음을 인지시킨 후 pressure-sensitive를 교합면 사이에 위치시켜 자연두부위에서 머리 받침 없이 피험자가 자발적으로 낼 수 있는 최대의 힘으로 5초간 교합하도록 지시하였다. 최대교합력의 경우, 일정한 회복 시간이 없이 연속 측정할 경우 근육과 치주인대의 피로에 의한 교합력의 저하가 예상되어 연습 후 한번 시행하였다. 그 후, 교합력의 크기와 교합 시의 접촉면적이 인기된 sheet를 CCD camera (Occluzer® FPD 707, Fuji Film Corp., Tokyo, Japan)로 관독하여 교합력의 크기를 0.1 N, 교합접촉면적을 0.1 mm<sup>2</sup> 단 위까지 측정하였다.

**골격 및 교합 형태의 평가**

2명의 교정의가 측모두부규격방사선사진의 분석

을 통하여 한국인 정상교합자의 기준<sup>21</sup>에 대한 부정교합자의 골격형태를 진단하였다. ANB angle를 기준으로 전후방적으로 골격성 I, II, III급 부정교합으로 분류하였다. Mandibular plane angle을 기준으로 수직적 Hyperdivergent, Normal, Hypodivergent군으로 분류하였다. Gonial angle을 기준으로 하악의 형태는 High angle, Normal, Low angle로 분류하였다. 각 군을 나눌 때에는 좀 더 뚜렷한 비교를 위하여 각 군의 경계에서 1 standard deviation 범위 내에 있는 표본은 군에서 제외하였다.

교합 형태에 따른 교합력의 크기를 알아보기 위해 골격적 I급 부정교합자들의 구치부 교합 관계를 평가하여 Angle I, II, III급으로 분류하였다. 양측에서 서로 다른 교합 관계를 보이는 경우는 군에서 제외하였다.

**통계분석**

SPSS version 12.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA)을 이용하여 각 군에서의 평균과 표준편차를 구하였다. 정상교합자군과 부정교합자군 간의 교합력의 크기와 접촉면적의 차이에 대해서는 independent t-test를 시행하여 유의수준 5%로 검정하였다. 부정교합자군에서의 성별에 따른 교합력 크기의 차이는 independent t-test를 시행하고, 연령과 골격 형태, 교합 형태에 따른 교합력의 크기와 접촉면적의 차이는 one-way ANOVA를 시행하여 유의수준 5%에서 검정하고, Scheffe 검정법을 이용하여 사후 검정하였다. 또한 접촉 면적을 통제된 상태에서의 교합력과 골격 형태 간의 상관관계를 구하기 위해 편상관관계분석을 시행하였으며, 조사자 간 오차를 검정하기 위해 부정교합자 중 무작위로 20명을 선정하여 2명의 조사자가 각각 측모두부규격방사선사진의 분석을 통해 골격 형태를 평가하여 paired t-test로 검정하였다. 그리고 정상교합자군과 부정교합자군에서 교합력의 크기와 접촉면적의 상관관계는 Pearson 상관계수를 구하여 검정하였다.

연구성적

교합력의 크기와 접촉 면적 (Table 2)

정상교합자군의 교합력 크기의 평균은 744.5 ± 262.6 N이었고, 접촉 면적의 평균은 24.2 ± 8.2 mm<sup>2</sup>이었다. 부정교합자군의 교합력 크기의 평균은 439.0 ± 229.9 N이었고, 접촉 면적의 평균은 12.4 ± 10.7 mm<sup>2</sup>이었다. 정상교합자군과 부정교합자군을 비교한 결과 정상교합자의 교합력의 크기와 접촉 면적이 부정교합자보다 통계적으로 유의하게 큰 것으로 나타났다 (*p* < 0.05).

**Table 2.** Comparison of occlusal force and contact area between normal occlusion and malocclusion groups

	Normal occlusion (n = 15)	Malocclusion (n = 636)	Sig
	Mean ± SD	Mean ± SD	
Occlusal force (N)	744.5 ± 262.6	439.0 ± 229.9	*
Contact area (mm <sup>2</sup> )	24.2 ± 8.2	12.4 ± 10.7	*

SD, Standard deviation; Sig, significance; \**p* < 0.001.

**Table 3.** Comparison of occlusal force and contact area according to gender (a) and different age groups (b)

a.

Gender	Male (n = 248)	Female (n = 388)	Sig
	Mean ± SD	Mean ± SD	
Occlusal force (N)	480.8 ± 217.9	412.3 ± 233.6	†
Contact area (mm <sup>2</sup> )	13.6 ± 12.0	11.7 ± 9.8	*

b.

Age (year)	0 - 10 (n = 117)	11 - 20 (n = 257)	21 - 30 (n = 180)	31 - 40 (n = 58)	41 - 50 (n = 24)	Sig
	Mean ± SD	Mean ± SD	Mean ± SD	Mean ± SD	Mean ± SD	
Occlusal force (N)	408.3 ± 214.3	437.9 ± 216.2	450.3 ± 246.8	472.2 ± 255.9	435.3 ± 249.1	NS
Contact area (mm <sup>2</sup> )	9.9 ± 5.8 <sup>a</sup>	11.9 ± 10.2 <sup>a</sup>	13.0 ± 8.0 <sup>a</sup>	15.1 ± 9.0 <sup>a</sup>	19.3 ± 32.2 <sup>b</sup>	*

SD, Standard deviation; Sig, significance; NS, not significant; \**p* < 0.05; †*p* < 0.001; different letters mean statistical difference between <sup>a</sup> and <sup>b</sup>.

부정교합자의 성별, 연령별 교합력의 크기 (Table 3)

1. 성별에 따른 교합력 크기의 차이

남자군의 교합력 크기의 평균은 480.8 ± 217.9 N이었고, 접촉 면적의 평균은 13.6 ± 12.0 mm<sup>2</sup>이었다. 여자군의 교합력 크기의 평균은 412.3 ± 233.6 N이었고, 접촉 면적의 평균은 11.7 ± 9.8 mm<sup>2</sup>이었다. 남자군과 여자군을 비교한 결과 남자군의 교합력의 크기와 접촉 면적이 여자군보다 통계적으로 유의하게 큰 것으로 나타났다 (*p* < 0.05).

2. 연령에 따른 교합력 크기의 차이

연령별로 나눈 군 간의 교합력의 크기에는 유의한 차이가 없었으며, 접촉 면적은 40대 군에서만 유의하게 큰 것으로 나타났다 (*p* < 0.05).

골격형태 및 교합 형태에 따른 교합력 크기의 비교

1. 전후방적 관계에 따른 교합력 크기의 차이 (Tables 4 and 5)

ANB angle에 따른 골격적 I, II, III급군의 교합력의 크기를 조사한 결과, I급에서는 평균 426.9 ± 225.2 N, II급에서는 417.4 ± 249.7 N, III급에서는 447.7 ± 192.1 N으로 골격적 I, II, III급 간의 교합력의 크기와 접촉 면적에는 유의한 차이가 없었다.

또한, 구치부의 전후방적 교합 형태에 따른 교합력의 크기 및 접촉 면적의 차이를 알아보기 위해 골격적 I급 부정교합자군 중에서 양측 구치부 관계가 Angle I급, II급, III급인 표본을 골라 교합력의 크기

**Table 4.** Comparison of occlusal force and contact area among different antero-posterior relationships of the maxilla and the mandible

A-P relationship ANB (°)	Class I (n = 97)	Class II (n = 136)	Class III (n = 84)	Sig
	1 < < 3	5 <	< -1	
	Mean ± SD	Mean ± SD	Mean ± SD	
Occlusal force (N)	426.9 ± 225.2	417.4 ± 249.7	447.7 ± 192.1	NS
Contact area (mm <sup>2</sup> )	11.9 ± 7.1	11.3 ± 7.4	12.1 ± 6.2	NS

A-P, Antero-posterior; SD, standard deviation; Sig, significance; NS, not significant.

**Table 5.** Comparison of occlusal force and contact area among different Angle's classification of the first molar

Angle's classification	Class I (n = 27)	Class II (n = 11)	Class III (n = 32)	Sig
	Mean ± SD	Mean ± SD	Mean ± SD	
Occlusal force (N)	486.6 ± 225.8	439.4 ± 157.7	471.0 ± 242.0	NS
Contact area (mm <sup>2</sup> )	13.6 ± 6.7	10.9 ± 3.9	12.5 ± 6.9	NS

SD, Standard deviation; Sig, significance; NS, not significant.

**Table 6.** Comparison of occlusal force and contact area among different vertical relationships (a. mandibular plane angle, b. gonial angle)

a.

Vertical relation Mandibular plane angle (°)	Hyperdivergent (n = 155)	Normal (n = 131)	Hypodivergent (n = 74)	Sig
	< 30	34 < < 38	42 <	
	Mean ± SD	Mean ± SD	Mean ± SD	
Occlusal force (N)	369.1 ± 217.2 <sup>a</sup>	432.7 ± 219.3 <sup>a</sup>	552.9 ± 258.3 <sup>b</sup>	†
Contact area (mm <sup>2</sup> )	9.9 ± 6.4 <sup>a</sup>	11.5 ± 6.7 <sup>a</sup>	16.4 ± 9.0 <sup>b</sup>	†

b.

Vertical relation Gonial angle (°)	High angle (n = 84)	Normal (n = 136)	Low angle (n = 51)	Sig
	131 <	119 < < 125	< 113	
	Mean ± SD	Mean ± SD	Mean ± SD	
Occlusal force (N)	372.9 ± 210.8 <sup>a</sup>	444.6 ± 212.4 <sup>b</sup>	496.2 ± 283.6 <sup>b</sup>	†
Contact area (mm <sup>2</sup> )	9.8 ± 6.6 <sup>a</sup>	12.6 ± 11.6 <sup>a,b</sup>	15.1 ± 9.7 <sup>b</sup>	*

SD, Standard deviation; Sig, significance; \**p* < 0.05; †*p* < 0.001; different letters mean statistical difference between <sup>a</sup> and <sup>b</sup>.

및 접촉 면적을 조사한 결과, 교합력의 크기는 I급에서 486.6 ± 225.8 N, II급에서 439.4 ± 157.7 N, III급에서 471.0 ± 242.0 N으로 통계적으로 유의한 차이가 없었다. 접촉 면적 또한 I급에서 13.6 ± 6.7 mm<sup>2</sup>, II급에서 10.9 ± 3.9 mm<sup>2</sup>, III급에서 12.5 ± 6.9 mm<sup>2</sup>로 구치부 교합 관계에 따른 유의한 차이가 없

었다 (*p* > 0.05).

2. 수직적 관계에 따른 교합력 크기의 차이 (Table 6) Mandibular plane angle에 따라 나는 각 군 간 교합력의 크기는 Hyperdivergent 369.1 ± 217.2 N, Normal 432.7 ± 219.3 N, Hypodivergent 552.9 ± 258.3 N으로

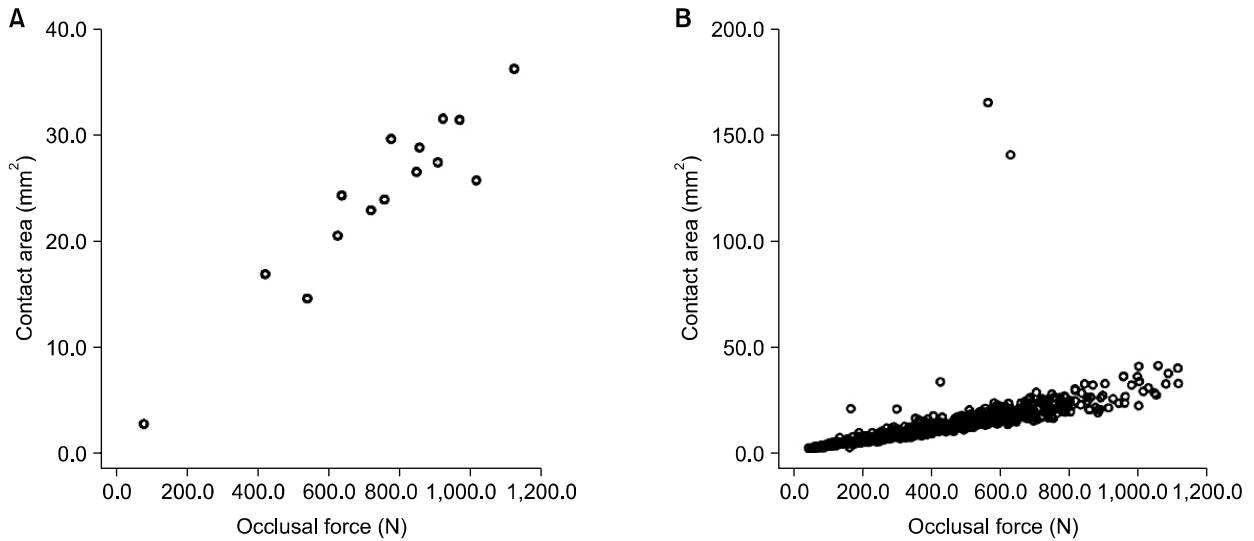


Fig 1. Correlation between occlusal force and contact area (A, normal occlusion group; B, malocclusion group).

나타났다. Normal과 Hyperdivergent군의 교합력은 유사하였으나, Hypodivergent군은 다른 두 군에 비해 유의하게 큰 교합력을 보였다 ( $p < 0.05$ ).

Gonial angle에 따라 나눈 각 군 간 교합력의 크기는 High angle  $372.9 \pm 210.8$  N, Normal  $444.6 \pm 212.4$  N, Low angle  $496.2 \pm 283.6$  N이었다. Normal과 Low angle군 간의 교합력은 유사하였으나, High angle군은 다른 두 군에 비해 유의하게 작은 교합력을 보였다 ( $p < 0.05$ ).

#### 교합력의 크기와 접촉 면적 간 상관관계 (Fig 1)

교합력의 크기와 접촉 면적의 상관계수는 정상교합자군의 경우 0.94, 부정교합자군의 경우 0.66로 교합력의 크기와 접촉 면적 간에는 양의 상관관계가 있는 것으로 나타났다. 하지만 이러한 양의 상관관계는 정상교합자에서보다 부정교합자에서 유의하게 약한 것으로 나타났다 ( $p < 0.05$ ).

#### 접촉 면적을 통제한 상태에서의 골격 형태와 교합력 간 상관관계

접촉 면적의 영향력을 통제한 상태에서의 수직적인 골격 형태와 교합력의 크기 간에는 통계적으로 유의한 상관관계는 없는 것으로 나타났다 ( $p > 0.05$ ).

#### 고찰

그동안 교정영역에서는 교합력이 진단과 치료, 또는 유지기의 안정성에 있어 중요하다고 강조되었음에도 불구하고 객관적인 측정의 어려움을 겪어왔으며, 한국인의 경우 교합 형태에 따른 교합력의 크기에 대한 기준이 부재한 것이 현실이다. 이에 본 연구에서는 측정 방법이 간편하고, 최대 교두감합위에 가까운 위치에서 교합력의 크기를 측정할 수 있는 dental prescale system을 이용하여 한국인 정상교합자와 부정교합자의 교합력의 크기를 측정하여 비교하였다. Dental prescale system의 경우 0.097 mm 두께의 얇은 일회용 sheet를 이용하여 교합력의 크기를 측정하는 방법으로, sheet는 A와 C의 두 개의 필름으로 구성되어 있다. A 필름은 다양한 압력하에서 터지도록 미리 고안된 미세 입자로 코팅이 되어있으며, C 필름은 미세 입자 속에 들어있는 색소와 만나 빨간 색깔을 내는 역할을 한다. 압력이 가해진 부위는 빨간색으로 변하게 되며, CCD camera로 압력이 가해진 부위의 면적과 압력의 크기를 관독하게 된다. Dental prescale system은 종전의 교합력 측정 방법과는 달리 전악의 교합력을 측정하는 것 외에도, 개개치아의 교합 분포를 분석할 수 있는 특징이 있다. 비슷한 특징을 가지는 교합력 측정 방법으로 T-scan (Tekscan Inc., South Boston, MA, USA)이 있는데, T-scan은 압력이 가해지면 전기저

항이 변하는 말발굽 모양의 얇은 센서를 교합면 사이에 위치시켜 교합력을 측정하는 기구로, 실시간으로 교합력의 크기와 교합 접촉점을 확인할 수 있는 장점이 있다. 이 두 방법은 교합력의 크기의 측정에서는 모두 오차범위 5% 이내의 정확성을 가지며, 접촉 면적 측정에서도 교합력 범위 안에서는 오차범위 5% 이내의 정확성을 가진다는 면에서 모두 교합력 측정에 사용할 수 있는 좋은 방법이나,<sup>22</sup> T-scan은 하나의 센서를 사용해서 교합력을 측정해야 하므로, 소독이 어렵고 대량의 표본을 대상으로 하기에 제한이 있어 본 연구에서는 dental prescale system을 이용하여 연구를 진행하였다.

본 연구에서 측정한 정상교합자의 교합력의 크기는 744.5 N으로 백인에서 측정한 이전의 연구들<sup>10-12,15</sup>에 비해서는 교합력이 다소 높게 나타났다. 이것은 종래의 방법이 금속 막대를 포함한 측정기구를 교합면 사이에 위치시킴으로써 구치부를 이개시킨 상태에서 교합력을 측정하는 것에 비해, prescale은 두께가 0.097 mm로 얇아 자연상태의 최대교두감합위와 근접한 상태에서 교합력을 측정할 수 있었기 때문으로 생각된다. 또한 부드러운 필름 형태의 측정지를 이용함으로써 피측정자가 치아손상에 대한 두려움 없이 최대 근력으로 교합할 수 있었으며, 말발굽 형태의 필름을 사용하여 전악에서의 교합력을 측정할 수 있었기 때문에, 기존 연구에 비해 교합력의 크기가 더 높게 측정된 것으로 판단된다. 일본인을 대상으로 dental prescale system을 이용해 교합력을 측정한 연구<sup>23</sup>에서는 정상교합자의 교합력의 크기가 423.27 N으로 이번 연구의 결과보다 낮은 수치를 보여 인종적, 문화적, 골격적 차이가 교합력에 영향을 줄 수 있는 점을 알 수 있었다.

이번 연구 결과 부정교합자의 교합력 크기의 평균은 439.0 N으로 정상교합자의 744.5 N에 비해 59.0%에 불과하였다. 이는 일차적으로 접촉 면적의 차이에서 그 이유를 찾을 수 있는데, 정상교합자의 접촉면적 24.2 mm<sup>2</sup>에 비해 부정교합자에서는 12.4 mm<sup>2</sup>로 정상교합자의 51.2%였다. 부정교합자에서는 정상교합자에 비해 더 적은 수의 치아가 접촉하거나, 접촉하는 치아 간에도 최대교합접촉이 이루어지지 않아 접촉 면적이 더 적게 나타났을 것으로 생각된다. 이는 접촉면적이 작을수록 교합력의 크기가 작다는 Ingervall과 Minder<sup>24</sup>의 연구와도 일치하며 Bakke<sup>25</sup>도 교합 접촉과 근력 간에 양의 상관관계가 있음을 밝힌 바 있다. 본 연구에서도 교합력의 크기와 접촉 면적 간의 높은 상관관계를 확인할 수

있었다.

연령 또는 성별에 따른 교합력 크기의 차이에 관해서는 다소 다른 연구결과들이 보고되고 있다. Ingervall과 Minder<sup>24</sup>는 청소년에서 남자에서는 교합력의 크기와 연령이 상관관계가 없으나 여자에서는 상관관계가 있다고 하였고, Helkimo 등<sup>26</sup>은 연령이 증가함에 따라 교합력은 감소하며 이런 상관관계가 여자에서 더 뚜렷하다고 하였다. 하지만 여러 가지 신체 요소와 교합력 간의 상관관계를 연구한 Braun 등<sup>27</sup>의 연구에서는 교합력의 크기는 연령이나 몸무게, 체형 등과는 관계가 없다고 하였으며, Linke 등<sup>28</sup>도 유치된 나이의 어린이들과 성인이 교합력이 비슷하다고 발표하였다. 한국인을 대상으로 한 본 연구에서는 10세 이하와 10대, 20대, 30대, 40대의 부정교합자들 간에 교합력 크기의 차이가 없는 것으로 나타나 이러한 결과와 일치하였다. 교합 접촉은 40대에서 다른 연령군에 비해 유의하게 크게 나타났으며, 이것은 마모에 의해 접촉 면적이 증가하였기 때문으로 생각되나, 교합력의 크기에 영향을 줄 만큼 큰 증가는 아닌 것으로 보인다. 성별에 따른 교합력의 크기는 남자가 480.8 N, 여자가 412.3 N으로 남자가 여자보다 다소 크게 나타났는데 이러한 결과는 이전의 연구 결과와도 일치한다.<sup>24,26,27</sup> 이는 일반적으로 남자의 근력이 여자보다 크기 때문인 것으로 설명되지만, 본 연구에서는 남자군에서의 접촉 면적이 여자군보다 상대적으로 크다는 점 또한 배제할 수 없다.

교합력의 크기는 안면골격형태를 반영한다고 알려져 있는데 흔히 긴 얼굴을 가진 사람은 교합력이 약하며 사각턱을 가진 사람은 교합력이 크다고 알려져 있다. Throckmorton 등<sup>1</sup>은 교합력은 턱의 lever system을 반영하므로 gonial angle이 커질수록 거상근의 작용에 불리한 환경이 되어 교합 평면에 수직으로 작용하는 교합력 성분이 줄어들었다고 하였다. 또한 Finn<sup>29</sup>은 normal face를 가진 사람이 dolichoface를 가진 사람보다 두 배 가량 큰 구치부 교합력을 가지고 있고 brachyface를 가진 사람은 이보다 더 큰 교합력을 갖고 있다고 하였고, Choi와 Kim<sup>30</sup>도 제1대구치의 교합력은 전안면 고경이 짧을수록 증가한다고 하였다. 하지만 전후방적인 골격 형태와 교합력 크기의 비교에서는 상관관계를 찾지 못하였는데, Denzinger<sup>31</sup>는 ANB와 교합력의 크기는 상관없다고 하였으며, Barun 등<sup>27</sup>은 교합력의 크기와 여러 두부계측치와의 상관 관계를 밝힌 연구에서 하악각과 하악 평면의 각도 등 수직적인 요소는 교합

력과 상관관계가 있으나 ANB와 Wits 등 전후방적인 요소는 교합력과 상관관계가 없다고 하였다.

이번 연구에서도 이와 유사한 결과를 얻어 ANB angle로 전후방적 골격을 나누는 군에서는 교합력 크기에 유의한 차이가 없는 반면 수직적인 요소로 분류한 군에서는 교합력 크기에 통계적으로 유의한 차이가 있었다. Hypodivergent한 얼굴을 가진 사람에서 교합력이 유의하게 컸으며, normal face를 가진 사람도 hyperdivergent한 얼굴을 가진 사람보다 통계적 유의차는 없었지만 교합력이 큰 경향이 있었다. 또한 gonial angle이 큰 사람의 교합력이 정상 혹은 수치가 적은군보다 작은 경향을 나타내었다. 하지만 수직적인 골격 형태에 따른 교합력의 차이는 개방, 과개 교합 등 골격 형태와 밀접히 연관된 교합 형태 및 접촉 면적의 차이에 기인할 수도 있다. 이러한 점을 고려하여 접촉 면적의 영향력을 통제한 상태에서의 골격 형태와 교합력의 연관성을 알아본 결과, 골격 형태와 교합력 사이에는 유의할 만한 상관관계가 없는 점을 알 수 있었다. 따라서, 수직적인 골격 형태가 직접적으로 교합력에 영향을 주기 보다는 수직적인 골격 형태에 따른 교합 시 접촉 면적의 감소가 교합력 저하에 관여한다고 판단된다.

Kwon 등<sup>32</sup>도 한국인을 대상으로 같은 교합력 측정기를 이용하여 교합력의 크기를 측정하였는데 평균 1,423 N으로 본 연구 결과보다 다소 높게 나타났다. 본 연구의 남, 녀 표본 사이의 교합력의 크기에 차이가 있는 점으로 미루어 보아, 이는 Kwon 등<sup>32</sup>의 연구에 참여한 남, 녀 표본과 이번 연구의 표본의 차이에서 기인한 것일 수 있다. 또한 Kwon 등<sup>32</sup>의 연구에 참여한 표본은 사랑니를 제외한 치아가 모두 있고, 특별한 부정교합이 없는 사람들로 규정되었으나 교정 영역에서의 골격, 교합의 세밀한 분류에 따른 기준에 제시되지 않았다. 본 연구의 결과 전후방적인 부정교합과는 별개로, 수직적인 골격 차이에 따라 교합력의 크기가 달라진다는 점을 고려할 때 골격적인 요인, 또는 이에 의한 교합의 차이를 배제할 수 없을 것이다. 또한 Kwon 등<sup>32</sup>은 자신들의 연구에서 측정된 교합력이 실제 교합력보다 과대 측정되었을 가능성을 언급하였다. 그 원인으로, 전치부 치아가 최대 교합위로 이동하는 과정 중에 압력감지필름에 위양성(false positive) 교합반응을 만들 수 있다는 점과 컴퓨터 스캔 장비의 기술적인 제한점 등을 들고 있다. 본 연구에서는 이러한 지적을 바탕으로 전치부에 의한 위양성 교합반응이 생기지 않도록 주의를 기울였으며, 컴퓨터 스캔 장

비도 기존 연구에서 사용된 Occluzer<sup>®</sup> FPD 703보다 개량된 모델인 Occluzer<sup>®</sup> FPD 707을 사용하였다. 그러나 점에 비추어 볼 때 이번 연구에서 얻은 결과를 정상교합자의 교합력 크기의 기준치로 사용하는 것이 타당할 것으로 생각한다.

이번 연구를 통해 정상교합자의 교합력의 크기의 기준을 마련하였으며, 부정교합의 유무와 골격 구조 및 접촉 면적이 교합력의 크기에 영향을 미친다는 것을 알 수 있었다. 이를 토대로 교합 관계를 적극적으로 개선하는 교정 치료를 통해, 혹은 골격구조를 변화시키는 악교정수술 등을 동반하는 치료를 통해 교합력 크기의 변화 양상을 추가적으로 관찰하는 연구가 진행될 경우, 교정 치료의 목표를 정하는 데에 참고할 수 있으며, 교정 치료 중 치료의 방향을 정하는 데도 도움이 될 것으로 생각한다.

## 결론

이상의 연구에서 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 정상교합자군의 교합력의 크기는  $744.5 \pm 262.6$  N, 접촉 면적은  $24.2 \pm 8.2$  mm<sup>2</sup>으로, 부정교합자군의  $439.0 \pm 229.9$  N,  $12.4 \pm 10.7$  mm<sup>2</sup>에 비해 교합력의 크기와 접촉 면적이 유의하게 컸다.
2. 부정교합자군을 연령과 성별에 따라 그룹을 나누었을 때 연령에 따른 교합력 크기의 차이는 없었으나, 남자가 여자에 비해 큰 교합력을 가지고 있었다.
3. 악안면의 전후방적인 골격 형태를 나타내는 ANB와 골격성 I급에서의 구치부의 Angle 분류는 교합력 크기에 유의한 차이를 나타내지 않았으나, 수직적인 골격 형태를 구분하는 mandibular plane angle, gonial angle이 큰 경우, 교합력이 유의하게 작았다.
4. 정상교합자군과 부정교합자군에서 교합력의 크기와 접촉 면적의 상관계수는 0.94, 0.66으로 교합력의 크기와 접촉 면적 간에는 양의 상관관계가 있었으며, 접촉 면적을 통제한 상태에서의 골격 형태와 교합력 크기 사이에는 유의할 만한 상관관계가 없었다.

## 참고문헌

1. Throckmorton GS, Finn RA, Bell WH. Biomechanics of dif-



- ferences in lower facial height. *Am J Orthod* 1980;77:410-20.
2. Rios HF, Ma D, Xie Y, Giannobile WV, Bonewald LF, Conway SJ, et al. Periostin is essential for the integrity and function of the periodontal ligament during occlusal loading in mice. *J Periodontol* 2008;79:1480-90.
  3. Proffit WR, Fields HW, Nixon WL. Occlusal forces in normal- and long-faced adults. *J Dent Res* 1983;62:566-70.
  4. Ringqvist M. Isometric bite force and its relation to dimensions of the facial skeleton. *Acta Odontol Scand* 1973;31:35-42.
  5. Kurusu A, Horiuchi M, Soma K. Relationship between occlusal force and mandibular condyle morphology. Evaluated by limited cone-beam computed tomography. *Angle Orthod* 2009;79:1063-9.
  6. Terespolsky MS, Brin I, Harari D, Steigman S. The effect of functional occlusal forces on orthodontic tooth movement and tissue recovery in rats. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2002;121:620-8.
  7. Keles A, Tokmak EC, Erverdi N, Nanda R. Effect of varying the force direction on maxillary orthopedic protraction. *Angle Orthod* 2002;72:387-96.
  8. Melsen B, Bosch C. Different approaches to anchorage: a survey and an evaluation. *Angle Orthod* 1997;67:23-30.
  9. Diedrich P. Different orthodontic anchorage systems. A critical examination. *Fortschr Kieferorthop* 1993;54:156-71.
  10. Brudevold F. A basic study of the chewing forces of a denture wearer. *J Am Dent Assoc* 1951;43:45-51.
  11. Yurkstas A, Curby WA. Force analysis of prosthetic appliances during function. *J Prosthet Dent* 1953;3:82-7.
  12. Anderson DJ. Measurement of stress in mastication. II. *J Dent Res* 1956;35:671-3.
  13. Linderholm H, Wennström A. Isometric bite force and its relation to general muscle force and body build. *Acta Odontol Scand* 1970;28:679-89.
  14. Fløystrand F, Kleven E, Oilo G. A novel miniature bite force recorder and its clinical application. *Acta Odontol Scand* 1982;40:209-14.
  15. Gibbs CH, Mahan PE, Lundeen HC, Brehnan K, Walsh EK, Holbrook WB. Occlusal forces during chewing and swallowing as measured by sound transmission. *J Prosthet Dent* 1981;46:443-9.
  16. Harada K, Watanabe M, Ohkura K, Enomoto S. Measure of bite force and occlusal contact area before and after bilateral sagittal ramus osteotomy of the mandible using a new pressure-sensitive device: a preliminary report. *J Oral Maxillofac Surg* 2000;58:370-3.
  17. Hirasawa T, Hirano S, Sugita H, Jibiki H, Mori R. Dental application of pressure measuring sheet (author's transl). *Shika Rikogaku Zasshi* 1978;19:298-300.
  18. Iwase M, Sugimori M, Kurachi Y, Nagumo M. Changes in bite force and occlusal contacts in patients treated for mandibular prognathism by orthognathic surgery. *J Oral Maxillofac Surg* 1998;56:850-5.
  19. Carlsson GE. Bite force and chewing efficiency. *Front Oral Physiol* 1974;1:265-92.
  20. Jenkins GN. The physiology of the mouth. Oxford: Blackwell Scientific Publications; 1966.
  21. Kim KH, Choy KC, Kim HG, Park KH. Cephalometric norms of the hard tissues of Korean for orthognathic surgery. *J Korean Assoc Oral Maxillofac Surg* 2001;27:221-30.
  22. Bachus KN, DeMarco AL, Judd KT, Horwitz DS, Brodke DS. Measuring contact area, force, and pressure for bioengineering applications: using Fuji Film and TekScan systems. *Med Eng Phys* 2006;28:483-8.
  23. Kitafusa Y. Application of "prescale" as an aid to clinical diagnosis in orthodontics. *Bull Tokyo Dent Coll* 2004;45:99-108.
  24. Ingervall B, Minder C. Correlation between maximum bite force and facial morphology in children. *Angle Orthod* 1997;67:415-22.
  25. Bakke M. Mandibular elevator muscles: physiology, action, and effect of dental occlusion. *Scand J Dent Res* 1993;101:314-31.
  26. Helkimo E, Carlsson GE, Helkimo M. Bite force and state of dentition. *Acta Odontol Scand* 1977;35:297-303.
  27. Braun S, Bantleon HP, Hnat WP, Freudenthaler JW, Marcotte MR, Johnson BE. A study of bite force, part 1: Relationship to various physical characteristics. *Angle Orthod* 1995;65:367-72.
  28. Linke PG, Dette KE, Hoppmann I. Die Entwicklung der Kaukraft bei Kindern in Abhängigkeit von Geschlecht, Alter, Körpergröße und Gewicht. *Arztl Judendk* 1971;62:338-49.
  29. Finn RA. Relationship of vertical maxillary dysplasias, bite force and integrated EMG. In: Abstracts of conference on craniofacial research. Ann Arbor, Michigan: University of Michigan Center of Human Growth and Development; 1978.
  30. Choi WC, Kim TW. Relationship between maximum bite force and facial skeletal pattern. *Korean J Orthod* 2003;33:437-51.
  31. Denzinger FW. A study of the correlation of incisal biting force and cephalometric patterns. Indianapolis, Indiana: Indiana University School of Dentistry; 1971.
  32. Kwon HK, Yoo JH, Kwon YS, Kim BI. Comparison of bite force with dental prescale and unilateral bite force recorder in healthy subjects. *J Korean Acad Prosthodont* 2006;44:103-11.

## Comparisons of occlusal force according to occlusal relationship, skeletal pattern, age and gender in Koreans

Hye-Rim Yoon, DDS, MSD,<sup>a</sup> Yoon-Jeong Choi, DDS, MSD, PhD,<sup>b</sup> Kyung-Ho Kim, DDS, MSD, PhD,<sup>c</sup>  
Chooryung Chung, DDS, PhD<sup>d</sup>

**Objective:** The aim of this study was to evaluate the occlusal force and contact area and to find its associating factors in Koreans. **Methods:** Occlusal force and contact area in maximum intercuspation were measured using the Dental Prescale<sup>®</sup> system in 651 subjects (15 with normal occlusion, 636 with various malocclusions divided into subgroups according to the skeletal pattern, Angle's molar relationship, age and gender). **Results:** Occlusal force of the normal occlusion group ( $744.5 \pm 262.6$  N) was significantly higher than those of the malocclusion group ( $439.0 \pm 229.9$  N,  $p < 0.05$ ). Occlusal force was similar regardless of differences in ANB angle or Angle's molar classification, however the increase in vertical dimension significantly reduced occlusal force ( $p < 0.05$ ). **Conclusions:** Occlusal force was significantly lower in the malocclusion group compared to the normal occlusion group, and in females compared to males, but it was not affected by age, antero-posterior skeletal pattern or molar classification. Although a hyperdivergent facial pattern indicated lower occlusal force compared to a hypodivergent facial pattern, the differences in skeletal pattern were not the primary cause of its decrease, but a secondary result induced by the differences in occlusal contact area according to the facial pattern. (**Korean J Orthod** 2010;40(5):304-313)

**Key words:** Occlusal force, Contact area, Maxillofacial skeletal pattern

<sup>a</sup>Resident, <sup>b</sup>Clinical Assistant Professor, <sup>c</sup>Professor, <sup>d</sup>Assistant Professor, Department of Orthodontics, Gangnam Severance Dental Hospital, College of Dentistry, Oral Science Research Institute, The Institute of Craniofacial Deformity, Yonsei University.

Corresponding author: **Chooryung Chung.**

Department of Orthodontics, Gangnam Severance Dental Hospital, 712 Eonjuro, Gangnam-gu, Seoul 135-720, Korea.  
+82 2 2019 3567; e-mail, crchung@yuhs.ac.

Received May 22, 2010; Last Revision July 5, 2010; Accepted July 19, 2010.