

교정 치료 후 교합력, 교합면적의 변화

최윤정^a · 정주령^b · 김경호^c

고정식 교정장치를 이용한 교정치료 후 교합의 기능적 변화를 평가하기 위해, 교합력 및 교합접촉면적을 측정하여 단기적인 변화 양상을 확인하고 소구치 발치 여부에 따른 차이를 파악하였다. 고정식 교정장치로 치료를 종료한 18세에서 40세 사이의 성인을 남자군과 여자군으로 분류하고, 각각의 군을 4개의 소구치를 발치한 군과 비발치로 치료한 군으로 세부 분류하였다(남자발치군 16명, 남자비발치군 18명, 여자발치군 19명, 여자비발치군 21명). Dental pre-scale system (Fuji Film Corp., Tokyo, Japan)의 pressure sensitive sheet를 5초간 최대교두감압위에서 최대근력으로 교합하도록 한 뒤 CCD camera를 이용해 교합력과 교합면적을 측정하였다. 고정식 교정장치를 제거하고 고정식 유지장치를 붙인 직후, 교정장치 제거 1주일, 1개월, 3개월, 6개월, 1년 뒤에 각각 측정하여 비교하였다. 모든 군에서 교정장치 제거 후 1년간의 유지기간 동안 교합력과 교합면적은 점진적으로 증가하였다 ($p < 0.05$). 모든 측정 시기에서 남자군은 여자군보다 높은 교합력과 교합면적을 보였으며 ($p < 0.05$), 남자, 여자군 모두에서 발치군과 비발치군 사이에는 교합력 및 교합면적에서 통계적으로 유의한 차이가 관찰되지 않았다 ($p > 0.05$). 본 연구를 통해 교정치료 후 1년간의 유지기간 동안 교합이 기능적으로 향상됨을 파악하였고, 소구치 발치로 인한 교합의 기능적 저하는 없을 것이라 추측할 수 있었다. (대치교정지 2010;40(3):176-183)

주요 단어: 교합력, 교합면적, 보정, 발치-비발치

서론

현재 부정교합의 진단과 치료에는 임상 검사, 치아 모형 검사와 더불어 다양한 방사선 계측 사진이 활용되고 있다. 이러한 자료들은 정상 교합자와 비교한 부정 교합의 정도나 치료 전후의 변화를 평가하는 데 있어서는 유용하지만, 평가의 관점이 형태학적, 심미적인 부분에만 한정된다는 단점이 있다. 따라서 구강악안면계의 심미적, 기능적 회복을 목표로 하는 교정치료에 있어서, 부정교합에 의한 구강악안면 영역의 기능 저하 또는 교정 치료를 통한 기능적인 개선 등의 기능적 측면에 대한 분석 및 평

가에는 다소 한계가 있었다.

교정 치료 이후의 기능적 변화에 대한 평가로 Durbin과 Sadowsky¹는 고무인상재를, Gazit과 Lieberman²은 photo-occlusion technique을 이용하여, 최대교두감합 시 교합면 접촉점(occlusal contacts) 수의 증가 양상을 보고한 바 있다. 그러나 교합의 기능적 평가에 있어서 교합접촉점보다 직접적인 지표인 교합력과 교합접촉면적에 대한 보고는 많지 않았다.

교합력 및 교합면적의 측정은 주로 구치부에서 이루어졌는데, steel bar와 strain gauge로 구성된 장치를 이용하여 교합력을 측정하거나,^{3,5} 3 - 4 mm 두께의 금속 miniature bite fork를 이용하는 방법이 사용되었다.⁶ 하지만 금속의 두께로 인해 최대 교두감합을 이룰 수 없었으며, 금속 장치에 대한 두려움으로 피검자가 최대 근력으로 교합하지 못하거나, 피검자의 치아에 균열(crack)을 발생시키는 문제점이 있었다. Gibbs 등⁷은 구내장치를 사용하지 않고 교합 시 이마와 턱으로 전파되는 음파 진동을 이용해 교합력을 간접적으로 측정하는 방법을 개발하였으나 오차가 크다는 단점이 지적되었다.

^a임상조교수, ^b조교수, ^c교수, 연세대학교 치과대학 교정학교실, 강남세브란스 병원 치과교정과, 구강과학연구소, 두개안면기형 연구소.

교신저자: 김경호.

서울시 강남구 도곡동 연주로 712 강남세브란스병원 치과교정과.
02-2019-3562; e-mail, khkim@yuhs.ac.

원고접수일: 2010년 3월 20일 / 원고최종수정일: 2010년 5월 8일 /
원고채택일: 2010년 5월 11일.

DOI: 10.4041/kjod.2010.40.3.176

*본 연구는 2008학년도 연세대학교 치과대학 연구비에 의하여 이루어졌음.

1990년대 초반 일본에서 개발된 Dental prescale system (Fuji Film Corp., Tokyo, Japan)은 악궁형태의 일회용 압력감지필름(pressure sensitive sheet)과 이것을 판독하는 컴퓨터 스캔장비(CCD camera)로 구성되어 있다. 이 시스템은 매우 얇은 두께의 압력감지필름을 사용함으로써 자연스런 교합상태에 최대한 가까운 상태에서 치열 전체의 교합력의 분포와 강도를 측정할 수 있으며, 장비가 비교적 간단하고 오차가 적어 최근 교합력 및 교합면적 측정에 널리 사용되고 있다.⁸⁻¹² 교정치료 후 유지기간 동안의 교합의 기능적 변화에 대한 연구로는 Sultana 등¹³의 것이 유일한데, 4개의 소구치를 발치한 여성 20명을 대상으로 유지기간 동안 교합력과 교합면적의 증가를 보고한 바 있다. 그러나 연구대상 수가 작아 여성과 발치를 동반한 치료에만 한정되었다는 한계가 있었다.

따라서 본 연구는 고정식 교정장치를 이용한 교정치료 후 교합의 기능적 변화를 평가하기 위해, 교합력 및 교합면적의 단기적인 변화 양상을 확인하고, 소구치 발치 여부에 따른 차이를 파악하고자 하였다.

연구방법

연구대상

연구대상 수집 및 자료 채득에 관하여 기관 IRB 승인을 받은 뒤 연구를 진행하였다. 2008년 7월부터

2009년 2월까지 연세대학교 강남세브란스병원 치과 교정과에서 고정식 교정장치로 치료를 종료한 146명의 환자(남자 68명, 여자 78명) 중에서 다음의 조건을 만족하는 사람 74명을 대상으로 하였다.

* 교정치료 종료 시 연령이 만 18세에서 40세 사이인 경우

* 제I급 구치 및 견치 관계, 양호한 교합상태를 보이는 경우

* 결손치로 인한 보철적 수복이 필요하지 않은 경우

* 발치를 동반하여 치료한 경우, 한 quadrant 당 하나의 소구치씩 총 4개를 발치하였거나 그에 상응하는 소구치 결손을 치료한 경우

* 악관절 질환이 없고, 악교정수술을 동반하여 치료하지 않은 경우

성별에 따라 남자, 여자군으로 분류하고, 남녀 각각의 집단에서 발치군과 비발치군으로 세부 분류하였다(남자발치군 16명, 남자비발치군 18명, 여자발치군 19명, 여자비발치군 21명). 발치군은 4개의 소구치를 발치하여 치료한 집단으로, 비발치군은 제3대구치를 제외한 모든 치아가 존재하는 집단으로 선정하였다. 모든 대상자에서 교정치료 종료 후 상악 전치부 설측에 고정식 유지장치를 부착하였으며, 발치군은 소구치부터 반대편 소구치까지, 비발치군은 견치부터 반대편 견치까지 부착하였다.

Table 1. Subjects' number, age and cephalometric measurements

	Male ext (n = 16)		Male nonext (n = 18)		Female ext (n = 19)		Female nonext (n = 21)		Sig.
	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	
Age (year)	20.7	1.5	22.0	3.3	23.3	4.0	22.2	3.1	
SNA (°)	81.6	4.1	82.9	3.4	80.9	3.1	80.4	3.7	NS
SNB (°)	77.5	4.3	80.1	3.2	77.8	4.9	79.5	4.1	NS
ANB (°)	3.6	1.4	2.8	3.1	3.1	3.1	1.3	2.2	NS
APDI	82.7	4.2	85.8	6.7	84.1	6.9	85.9	5.6	NS
SN to MP (°)	36.3	7.0	37.3	9.6	37.6	6.0	38.0	8.3	NS
Gonial angle (°)	121.9	7.6	123.4	5.9	123.3	7.0	123.5	5.0	NS
Bjork sum (°)	396.3	7.0	395.7	4.5	397.6	6.0	397.3	6.6	NS
ODI	72.4	2.2	69.8	5.4	70.0	6.7	67.8	4.8	NS

Ext, extraction group; nonext, non-extraction group; Sig, significance; NS, not significant. APDI, anteroposterior dysplasia index; ODI, overbite depth indicator.

연구방법

연구대상자에게 실험에 대한 동의(informed consent)를 얻은 뒤 개개인의 악궁에 맞는 압력감지필름(Pressure sensitive film, Dental Prescale® 50H, type R, Fuji Film Corp., Tokyo, Japan)을 선택하였다. 자연두부위에서 최대교두감합위로 교합하도록 연습한 뒤, 압력감지필름으로 교합면이 모두 덮이도록 교합면 사이에 위치시키고 최대교두감합위에서 최대근력으로 5초간 교합하도록 하였다. 교합력과 교합면적이 인기된 압력감지필름을 CCD camera (Occluzer® FPD 707, Fuji Film Corp., Tokyo, Japan)로 판독하여 교합력은 0.1 N, 교합면적은 0.1 mm² 단위까지 측정하였다.

고정식 교정장치 제거 및 고정식 유지장치 접착 직후를 Baseline으로 하였고, 고정식 교정장치를 제거하고 1주일, 1개월, 3개월, 6개월, 1년이 되는 시기에 재측정하여 교합력 및 교합면적의 변화양상을 파악하였다.

통계분석

교정치료 종료 시 연구대상자의 측모두부 방사선 사진 계측치의 평균과 표준편차를 구하고, 일원분산분석(one-way ANOVA)을 이용하여 각 군 간의 통계적 유의성을 검증하였다 (Table 1). 모든 군의 시기별 교합력과 교합면적의 평균과 표준편차를 구하였다. Shapiro-Wilk's test를 사용하여 측정된 교합력과 교합면적이 정규분포를 따르고 있음을 확인하였다. 교정치료 종료 시(Baseline)부터 1년 후까지 매

시기마다 측정된 교합력과 교합면적 변화량의 통계적 유의성을 검증하기 위해 반복측정분산분석(repeated-measures ANOVA)을 시행하였고 사후검정으로 Duncan's multiple range test를 이용하였다. 각 시점에서 남자군과 여자군의 차이 및 남녀 각각의 집단에서 발치군과 비발치군 간의 차이가 유의한지 검증하기 위하여 independent t-test를 시행하였다. SPSS 12.0 (SPSS, Chicago, IL, USA)을 이용하였고, 유의수준 0.05에서 검증하였다.

연구성적

교정치료 종료 시에 측모두부 방사선 사진을 통해 측정된 계측치들은 남자발치, 남자비발치, 여자발치, 여자비발치군 간에 통계적 유의차를 보이지 않았다 (Table 1).

고정식 교정장치 제거 후 1년의 유지기간 동안 모든 군에서 교합력과 교합면적은 점진적으로 증가하였다 ($p < 0.05$, Figs 1 and 2, Tables 2 and 3). 남자발치, 남자비발치, 여자발치 및 여자비발치군에서 고정식 교정장치 제거시점과 1년 후에 측정된 평균 교합력(표준편차)은 각각 329.3 (194.2) N에서 632.8 (254.9) N, 444.8 (192.4) N에서 674.9 (240.2) N, 252.0 (85.1) N에서 436.6 (105.2) N 및 265.4 (131.9) N에서 412.6 (90.0) N 등으로 유의하게 점진적으로 증가하였으며, 평균 교합면적 (표준편차)도 각각 8.0 (4.1) mm²에서 15.5 (7.2) mm², 10.3 (4.6) mm²에서 17.3 (8.3) mm², 5.7 (2.2) mm²에서 9.7 (3.3) mm² 및 6.3 (3.5) mm²에서 10.5 (3.1) mm² 등으로 유의하게 점진적으로 증가하였다.

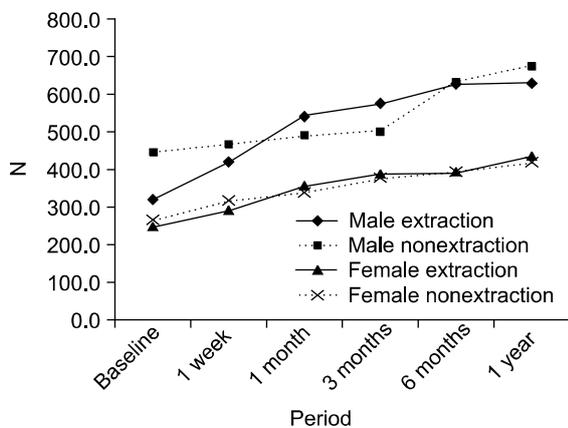


Fig 1. Occlusal force measured during the 1 year retention period.

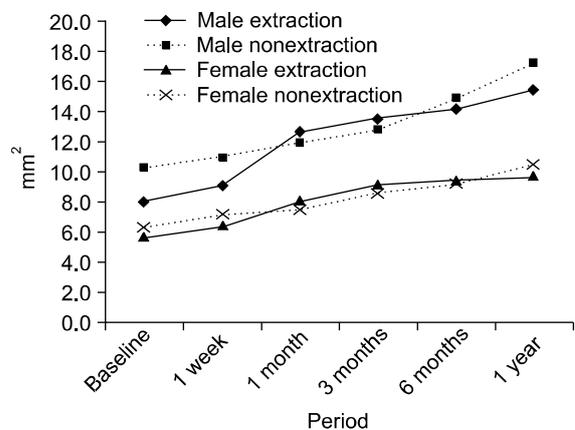


Fig 2. Occlusal contact area measured during the 1 year retention period.

Table 2. Occlusal force measured during the retention periods and comparison between Extraction and Non-extraction groups (unit: N)

	Baseline		1 week		1 month		3 months		6 months		1 year		Sig.
	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	
Male ext (n = 16)	329.3	(194.2) ^A	421.2	(186.2) ^{A/B}	539.7	(203.3) ^{B/C}	573.6	(201.3) ^{B/C}	623.0	(253.1) ^C	632.8	(254.9) ^C	*
Male nonext (n = 18)	444.8	(192.4) ^a	462.2	(181.7) ^{a/b}	486.8	(156.4) ^{a/b}	503.1	(238.6) ^{a/b}	629.2	(264.6) ^{a/b}	674.9	(240.2) ^b	*
Sig'	NS		NS		NS		NS		NS		NS		
Female ext (n = 19)	252.0	(85.1) ^(A)	292.0	(80.7) ^(A/B)	355.7	(118.8) ^(B/C)	385.5	(96.2) ^(C)	389.8	(154.3) ^(C)	436.6	(105.2) ^(C)	*
Female nonext (n = 21)	265.4	(131.9) ^(a)	319.4	(134.7) ^(a/b)	339.0	(169.7) ^(a/b)	375.3	(149.0) ^(b)	390.0	(149.1) ^(b)	412.6	(90.0) ^(b)	*
Sig'	NS		NS		NS		NS		NS		NS		

Ext, Extraction group; nonext, non-extraction group; Sig, significance during the retention periods; Sig', significance between extraction and non-extraction groups; NS, not significant; * $p < 0.05$; different letters show post-hoc results following repeated measures ANOVA indicating significant difference from Baseline to After 1 year within each group at a 0.05 significance level.

Table 3. Occlusal contact area measured during the retention periods and comparison between Extraction and Non-extraction groups (unit: mm²)

	Baseline		1 week		1 month		3 months		6 months		1 year		Sig.
	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	
Male ext (n = 16)	8.0	(4.1) ^A	9.1	(4.6) ^{A/B}	12.6	(5.1) ^{A/B/C}	13.5	(5.4) ^{B/C}	14.2	(6.5) ^C	15.5	(7.2) ^C	*
Male nonext (n = 18)	10.3	(4.6) ^a	11.0	(4.8) ^a	12.0	(5.0) ^{a/b}	12.8	(5.0) ^{a/b}	14.9	(7.0) ^{a/b}	17.3	(8.3) ^b	*
Sig'	NS		NS		NS		NS		NS		NS		
Female ext (n = 19)	5.7	(2.2) ^(A)	6.4	(1.8) ^(A/B)	8.1	(3.6) ^(A/B/C)	9.1	(5.2) ^(B/C)	9.5	(3.6) ^(C)	9.7	(3.3) ^(C)	*
Female nonext (n = 21)	6.3	(3.5) ^(a)	7.2	(3.2) ^(a/b)	7.5	(4.1) ^(a/b)	8.7	(3.8) ^(a/b/c)	9.2	(3.9) ^(b/c)	10.5	(3.1) ^(c)	*
Sig'	NS		NS		NS		NS		NS		NS		

Ext, Extraction group; nonext, non-extraction group; Sig, significance during the retention periods; Sig', significance between extraction and non-extraction groups; NS, not significant; * $p < 0.05$; different letters show post-hoc results following repeated measures ANOVA indicating significant difference from Baseline to After 1 year within each group at a 0.05 significance level.

모든 측정시기에 남자군은 여자군보다 통계적으로 유의하게 높은 교합력과 교합면적을 나타내었고 ($p < 0.05$), 발치군과 비발치군의 비교 시 남자, 여자군 각각 발치군과 비발치군 사이에 교합력과 교합면적의 유의한 차이는 관찰되지 않았다 (Tables 2 and 3).

고찰

본 연구에서 사용된 압력감지필름은 두께 0.097 mm로 두 개의 polyethylene terephthalate (PET) film으로 구성되어 있다. 5 MPa 이상의 압력에서 무색 염료가 들어있는 필름 내부의 미세입자가 터지면서 film 내면에 코팅되어 있는 현상액과 만나 압력이 가해진 부위에 붉은색의 마크를 형성하게 된다. 압력이 셀수록 접촉부위의 색깔은 더 진하게 표시되며, CCD camera를 통해 압력이 가해진 부위의 면적과 압력의 크기를 측정하게 된다. 구강 내 온도나 습도,¹⁴ 압력을 가하는 속도나 시간¹⁵ 등은 교합력에 영향을 주지 않는다고 보고되었으며, 최대교두감합위에서 거의 오차없이 재현성 있는 결과를 얻을 수 있는 것으로 알려져 있다.^{11,16} Bachus 등¹⁷도 교합력 및 교합면적 측정에서 이 시스템이 오차범위 5% 이내의 정확성을 보인다고 보고하였다. Sultana 등¹³은 본 연구에서 사용된 것과 같은 압력감지필름을 3회씩 채득하여 측정의 재현성을 확인하였고, black silicone을 bite indicator로 사용하여 압력감지필름에 인가된 각 치아의 교합점과 black silicone에 인가된 교합부위를 비교하여 높은 연관성을 보여주었다.

Braun 등¹⁸은 연령이 교합력에 영향을 주지 않는다고 한 반면, Ingervall과 Minder,¹⁹ Helkimo 등²⁰은 반대되는 견해를 보였다. Yoon²¹은 교합력은 연령대 별로 차이가 없지만, 교합면적은 40대에서 높게 나타났다고 보고하였다. 따라서 본 연구에서는 제2대구치의 맹출이 완전히 끝났다고 판단되는 시점인 만 18세에서 연령에 따른 영향을 배제할 수 있는 40세까지로 연구대상을 한정하여 연구를 시행하였다. 안면골격형태도 교합력에 영향을 줄 수 있는데, brachyface가 dolichoface보다 높은 교합력을 보이는 것은 여러 연구에서 밝혀진 바 있다.^{22,26} 수직적 요소뿐만 아니라 전후방적 차이에 따라라도 교합력이 달라질 수 있다는 보고^{22,23}가 있어, 본 연구에서는 연구대상자들의 안면골격형태 비교를 통해 수직적 요소뿐만 아니라, 전후방적인 요소에서도 각 군 간에 통계적 유의차가 없음 (Table 1)을 확인하고 연

구를 진행하였다.

상하악 전치부 설측면에 부착된 고정식 유지장치의 영향을 평가하기 위하여, 본 연구 시행 전 pilot study로 고정식 교정장치 제거 후 유지장치 부착 전, 후의 교합력 및 교합면적을 비교하였다. Paired t-test 결과 두 시기 사이에 통계적 유의차는 없었지만 ($p > 0.05$), 고정식 유지장치 부착 후 교합력과 교합면적이 다소 감소하는 것으로 나타났다. 이러한 감소는 여러 치아를 연결하는 고정식 유지장치로 인해 개개 치아의 교합이 덜 이루어졌거나, 교정장치 제거 및 유지장치 부착 수술이 개, 폐구근의 피로를 가져와 최대근력으로 교합하지 못했기 때문인 것으로 보인다. 하지만 전치부에서 측정된 교합력 및 교합면적은 구치부에서 측정된 수치의 10% 정도¹³이며, 개, 폐구근의 피로는 일시적인 현상이므로, 고정식 유지장치의 부착이 전체적인 교합력의 기능적 변화 양상에는 큰 영향을 끼치지 못한 것으로 판단된다.

교정치료 종료 후 1년의 유지기간 동안 교합력과 교합면적은 점진적으로 증가하였으며, 특히 1개월 이내의 증가량이 크게 관찰되었다. Nakajima 등²⁷도 본 연구와 같은 dental prescale system을 이용하여 유지기간 3개월간의 변화를 보고하면서, 첫 1개월에 더 많은 변화가 일어났음을 보여주었다. Durbin과 Sadowsky¹는 교정치료 종료 3개월 후에 1 - 26%의 교합점촉점의 증가를, Gazit과 Lieberman²은 1년 뒤에 56%의 증가를 보고하였고, Razdolsky 등²⁸은 유지장치 장착 21개월까지 지속적인 교합의 정착을 보고한 바 있다. 이와 같은 교합점촉점의 증가와 교합의 정착(settling)은, 교합점촉면적을 증가시키고 점촉하는 치아 간에 최대교합점촉에 가까워지도록 유도하여 궁극적으로 교합력의 증가를 가져왔을 것이다. 이러한 추측은 교합점촉면적과 교합력 간의 높은 상관관계에서 이미 검증된 바 있다.^{19,21,29}

교정치료 종료 1년 뒤 남자의 교합력은 평균 653.9 N, 여자는 평균 424.6 N으로, 한국인에서의 부정교합자의 평균 교합력(남자 480.8 N, 여자 412.3 N)²²보다 높게 나타났다. Sultana 등¹³의 연구가 여자 발치군만을 대상으로 이루어졌다는 한계가 있긴 하지만, 교정장치 제거 후 2년까지 교합력이 꾸준히 증가한 점을 고려할 때, 본 연구 대상에서도 교정치료 종료 2년 후에는 정상교합자의 교합력 평균(744.5 N - 남자 11명, 여자 4명)²²에 근접한 수치를 보일 것이라 생각된다.

남자군과 여자군의 비교에서 모든 측정시기에 남

자군은 여자군보다 뚜렷하게 높은 교합력과 교합면적을 보였다 (Figs 1 and 2). 교합력의 차이는 남자와 여자의 근력 차이 때문으로 생각되며, 이것은 이전의 연구 결과와도 일치한다.¹⁸⁻²⁰ 교합면적은 교합력과 높은 양의 상관관계를 보이므로,¹⁰ 남녀 간의 근력의 차이가 교합면적의 차이를 가져왔을 것이다.

발치와 비발치군은 교합력이나 교합면적에서 통계적 유의차를 보이지 않았다. 교정식 교정장치 제거 직후에는 남, 녀 모두 비발치군에서 높은 교합력 및 교합면적을 보였으나, 1개월 후에는 오히려 발치군에서 교합력, 교합면적 모두 높은 값을 나타내었다. Sultana 등¹³은 유지기간 동안 하악 소구치 한 개에 가해지는 교합력이 50.6 - 70.0 N, 교합면적이 1.0 - 1.4 mm²라고 보고하였는데, 이는 전체 교합력의 9.0 - 16.8%, 전체 교합면적의 8.4 - 17.5%에 해당하는 값이다. 또한 유지기간 중 대구치부의 교합정착이 전체 교합력 및 교합면적 증가에 직접적으로 기여하는데 비해, 소구치에서는 교합력이나 교합면적의 증가가 없다고 하였다. 즉, 교정치료 종료 직후에는 소구치 발치로 인한 교합력이나 교합면적의 저하가 있을 수 있으나 임상적으로 의미가 없는 정도이며, 유지기간 1개월 이내에 발치군과 비발치군은 비슷한 교합력과 교합면적을 보임을 추측할 수 있다.

본 연구는 교정장치 제거 이후의 단기간의 교합력 및 교합면적의 변화 양상을 파악하였으나, 한 개인의 교정치료 전후의 변화를 통해 부정교합의 기능적 개선 여부를 평가하는 데는 한계가 있었다. 향후 교정치료 전후의 교합력 변화 양상에 대한 자료 및 2년 이상의 장기적인 유지 기간 중의 교합력에 대한 자료가 추가된다면, 유지 기간 중의 기능적 변화 양상에 대한 자료를 통해 기능적 측면에서의 교정 치료 후 유지 기간 및 방법을 정립하는 데 도움이 될 것이다.

결론

이상의 연구에서 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 교정식 교정장치 제거 후 1년간의 유지기간 동안 교합력과 교합면적은 점진적으로 증가하였다.
2. 남자는 여자에 비해 통계적으로 유의하게 높은 교합력과 교합면적을 나타냈다.
3. 발치군과 비발치군은 1년의 유지기간 동안 교합

력과 교합면적에 있어서 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다.

참고문헌

1. Durbin DS, Sadowsky C. Changes in tooth contacts following orthodontic treatment. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1986; 90:375-82.
2. Gazit E, Lieberman MA. Occlusal contacts following orthodontic treatment. Measured by a photocclusion technique. *Angle Orthod* 1985;55:316-20.
3. Brudevold F. A basic study of the chewing forces of a denture wearer. *J Amer Dental Assoc* 1951;43:45-51.
4. Anderson DJ. Measurement of stress in mastication. II. *J Dent Res* 1956;35:671-3.
5. Linderholm H, Wennström A. Isometric bite force and its relation to general muscle force and body build. *Acta Odontol Scand* 1970;28:679-89.
6. Fløyststrand F, Kleven E, Øilo G. A novel miniature bite force recorder and its clinical application. *Acta Odontol Scand* 1982;40:209-14.
7. 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.
8. Hidaka O, Iwasaki M, Saito M, Morimoto T. Influence of clenching intensity on bite force balance, occlusal contact area, and average bite pressure. *J Dent Res* 1999;78:1336-44.
9. Ando K, Kurosawa M, Fuwa Y, Kondo T, Goto S. A study on measuring occlusal contact area using silicone impression materials: an application of this method to the bite force measurement system using the pressure-sensitive sheet. *Dent Mater J* 2007;26:898-905.
10. 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.
11. Hassan SG, Yamada K, Rakiba S, Morita S, Hanada K. Relationship between craniofacial morphology and occlusal force in adults with normal occlusion. *J Jpn Orthod Soc* 1997; 56:348-61.
12. Hattori Y, Satoh C, Watanabe M. Bite force distribution on dental arch during clenching. *J Jpn Soc Stomatognathic Func* 1996;2:111-7.
13. Sultana MH, Yamada K, Hanada K. Changes in occlusal force and occlusal contact area after active orthodontic treatment: a pilot study using pressure-sensitive sheets. *J Oral Rehabil* 2002;29:484-91.
14. Noguchi T, Fukuda M, Tauchi S, Kinoshita S. Wrapping of occlusal prescale for occlusal examination. *Nippon Shishubyo Gakkai Kaishi* 1983;25:575-81.
15. Suzuki T, Watanabe T, Yoshitomi N, Ishinaba S, Kumagai H, Uchida T, et al. Evaluation of a new measuring system for occlusal force with pressure sensitive sheet. *J Jpn Prosthodont Soc* 1994;38:966-73.
16. Matsui Y, Ohno K, Michi K, Suzuki Y, Yamagata K. A computerized method for evaluating balance of occlusal load. *J Oral Rehabil* 1996;23:530-5.

17. 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.
18. 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.
19. Ingervall B, Minder C. Correlation between maximum bite force and facial morphology in children. *Angle Orthod* 1997;67:415-24.
20. Helkimo E, Carlsson GE, Helkimo M. Bite force and state of dentition. *Acta Odontol Scand* 1977;35:297-303.
21. Yoon HR. The comparison of occlusal force according to occlusion, skeletal pattern, age and gender in Koreans. Master thesis, Yonsei University 2010.
22. Cha BK, Kim CH, Baek SH. Skeletal sagittal and vertical facial types and electromyographic activity of the masticatory muscle. *Angle Orthod* 2007;77:463-70.
23. Miralles R, Hevia R, Contreras L, Carvajal R, Bull R, Manns A. Patterns of electromyographic activity in subjects with different skeletal facial types. *Angle Orthod* 1991;61:277-84.
24. Fogle LL, Glaros AG. Contributions of facial morphology, age, and gender to EMG activity under biting and resting conditions: a canonical correlation analysis. *J Dent Res* 1995;74:1496-500.
25. Ringqvist M. Isometric bite force and its relation to dimensions of the facial skeleton. *Acta Odontol Scand* 1973;31:35-42.
26. Proffit WR, Fields HW, Nixon WL. Occlusal forces in normal- and long-face adults. *J Dent Res* 1983;62:566-70.
27. Nakajima A, Watanabe K, Sugi E, Yasuda K, Maruyama J, Ono S, et al. Changes in occlusal force and occlusal contact area during retention - consideration from three cases. *Nihon Univ Dent J* 1994;68:457.
28. Razdolsky Y, Sadowsky C, BeGole EA. Occlusal contacts following orthodontic treatment: a follow-up study. *Angle Orthod* 1989;59:181-5.
29. Bakke M. Mandibular elevator muscles: physiology, action, and effect of dental occlusion. *Scand J Dent Res* 1993;101:314-31.

Changes in occlusal force and occlusal contact area after orthodontic treatment

Yoon-Jeong Choi, DDS, MSD, PhD,^a Chooryung J. Chung, DDS, PhD,^b
Kyung-Ho Kim, DDS, MSD, PhD^c

Objective: This study was performed to evaluate functional changes of occlusion after orthodontic treatment by measuring the occlusal force (OcFr) and occlusal contact area (OcAr), and to compare OcFr and OcAr change according to premolar extractions. **Methods:** Data were obtained from 74 patients who had finished orthodontic treatment using fixed appliance aged between 18 and 40 years. Subjects were divided into groups who had four premolars extractions or non-extraction (Male extraction-16, Male nonextraction-18, Female extraction-19, Female nonextraction-21). All subjects were asked to bite pressure-sensitive sheets into maximum intercuspation with maximum bite force, and OcFr and OcAr were evaluated by measuring the sheet with a CCD camera. Records were taken right after debonding, 1 week, 1 month, 3 months, 6 months and 1 year after debonding. **Results:** OcFr and OcAr increased gradually in all groups during the 1 year retention period ($p < 0.05$). Male groups showed higher OcFr and OcAr than female groups throughout the retention periods ($p < 0.05$). There were no statistically significant differences of OcFr and OcAr between extraction and non-extraction groups in both males and females ($p > 0.05$). **Conclusions:** Occlusion was improved functionally throughout the 1 year retention, and premolar extraction did not induce a decline in the functional aspect of occlusion. (**Korean J Orthod** 2010;40(3):176-183)

Key words: Occlusal force, Occlusal contact area, Retention, Extraction vs. nonextraction

^aClinical Assistant Professor, ^bAssistant Professor, ^cProfessor, Department of Orthodontics, Gangnam Severance Hospital, College of Dentistry, Oral Science Research Institute, The Institute of Cranio-facial Deformity, Yonsei University.

Corresponding author: **Kyung-Ho Kim.**

Department of Orthodontics, Gangnam Severance Hospital, 712, Eonjuro, Dogok-dong, Gangnam-gu, Seoul 135-720, Korea.

+82 2 2019 3562; e-mail, khkim@yuhs.ac.

Received March 20, 2010; Last Revision May 8, 2010; Accepted May 11, 2010.

*This study was supported by a faculty research grant from Yonsei University College of Dentistry 2008.