

## 두부방사선 계측에 따른 한국성인 정상교합자의 최대 교합력에 관한 연구

아주대학교 의과대학 치과 및 연세대학교 치과대학 교합과학교실<sup>1</sup>

이 재 휘 · 송 영 복<sup>1</sup>

### A Study on Maximum Occlusal Force of Korean Adults with Normal Occlusion According to Cephalometric Measurements

Jae Hwuy Lee and Young Bok Song<sup>1</sup>

Department of Dentistry, Ajou University School of Medicine, Suwon, Korea

<sup>1</sup>Department of Occlusion, Yonsei University College of Dentistry, Seoul, Korea

The purpose of this study was to obtain values of maximum occlusal force after lateral and posteroanterior cephalometric analysis. The normal values of lateral and posteroanterior cephalometric analysis were set up with 118 Korean adults with normal occlusion(63 males and 55 females), and the maximum occlusal forces were measured by occlusal force system(MPM 3000).

The results obtained with Korean adults with normal occlusion were as follows;

1) The values of maximum occlusal force were : incisor region 15.1 kg in male and 13.3 kg in female; canine region 21.2 kg in male and 19.0 kg in female; premolar region 29.5 kg in male and 29.4 kg in female; molar region 48.3 kg in male and 36.2 kg in female.

2) There were significant differences between right and left sides and between male and female in incisor, canine, and molar regions except premolar region( $p < 0.05$ ). The maximum occlusal forces in male were significantly greater than in female except premolar region of right side, and they were more stronger in right side than in the left except canine, premolar, and molar regions of male.

3) The lateral and posteroanterior cephalometric measurements representing facial skeletal morphology, particularly mandibular morphology, correlated well with the values of maximum occlusal force in premolar and molar regions( $p < 0.05$ ).

**Key Words:** Maximum occlusal force, Normal occlusion, Cephalometric measurement

## 서 론

정상교합이란 치아의 교합이 저작계의 다른 부분들과 기능적으로 조화를 이루고, 중심교합상태에서 좌우양측

저자연락처: 이재휘, (442-749) 경기도 수원시 팔달구 원천동 산 5, 아주대학교 의과대학 치과. Tel (0331) 219-5332, Fax (0331) 219-5868

\*본 연구는 1996학년도 아주대학교 의료원 의과학연구소 교수연구비 지원에 의해 수행된 것임.

이 동시에 균일한 접촉을 이루는 것을 말한다. 상하악 치아의 교합상태는 상악골에 대한 하악골의 여러가지 기능위를 결정하게 되고, 악안면부의 성장발육은 하악골의 기능에 많은 영향을 받는 것으로 알려져 있다<sup>1</sup>. 따라서 하악골의 중요한 기능중의 하나인 음식물의 저작은 악골의 성장발육, 교합 및 악안면의 전체적인 형태에 이르기 까지 두개안면의 골격형태를 결정하는데 매우 중요하다. 음식물의 저작은 저작근의 운동과 함께 상하악 치아의 교합에 의한 교합력으로 표현될 수 있으므로 두개안면의 골격형태와 교합력은 밀접한 관계를 가진다고 가정할 수 있다.

교합력은 저작근의 수축에 의해 발생하는 장력이 상하 약 치아간 또는 치아간에 존재하는 물질을 매개로 하여 일어나는 힘으로 골격뿐만 아니라 치아의 위치에도 영향을 미칠 수 있다. 최대 교합력은 성별, 연령의 차이, 체중, 동서양의 생활습관과 문화수준의 차이, 개개인의 음

식물 기호, 저작근의 활성도, 안면골격형태, 의치장착여부, 그리고 치아와 치주질환의 유무 등의 영향을 받아 개인에 따라 다양하게 나타날 수 있다<sup>2</sup>. 따라서 최대 교합력은 이와같은 조건에 따라 달라질 수 있으므로 교합력 측정시는 이들을 고려하여야 한다.

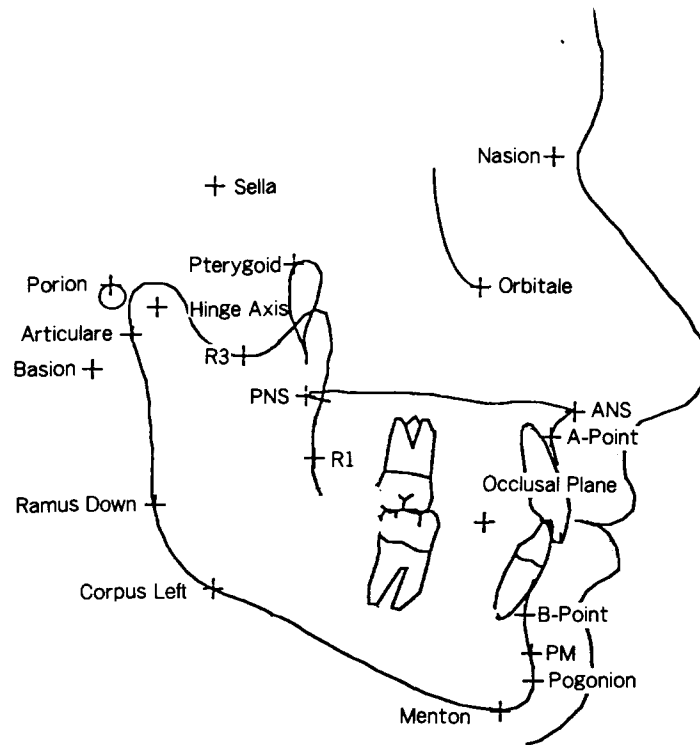


Fig. 1. Location of 20 landmarks required for lateral cephalometric analysis.

- Sella; Center of sella turcica
- Porion; Most superior point of external auditory meatus
- Basion; Most inferior point of the occipital bone
- Hinge Axis; Center of rotation of the condyle
- Pterygoid; Eleven o'clock position of the pterygoid fissure
- Nasion; 'V' notch of frontal and nasal bone
- Orbitale; Most inferior point of the orbital contour
- ANS; Tip of the anterior nasal spine
- PNS; Tip of the posterior nasal spine
- A-Point; Deepest point between ANS and the upper incisal alveolus
- B-Point; Deepest point between pogonion and the lower incisal alveolus
- PM; Point where curvature changes between B-point and pogonion
- Pogonion; Most anterior point of the symphysis
- Menton; Most inferior point on the symphyseal outline
- Corpus Left; Left point of a tangent of the inferior border of the corpus
- Ramus Down; Lower point of a tangent of the posterior border of the ramus
- Articulare; Intersection of inferior cranial base surface and posterior surface of condyle
- R3; Most inferior point of the sigmoid notch of the ramus
- R1; Deepest point on the curve of the anterior border of the ramus
- Occlusal Plane; Midpoint between upper and lower first bicuspid, or upper and lower incisor

교합력은 저작근의 강도 및 상태를 직접 측정할 수 있는 기준이 될 수 있어 근전도 검사와 함께 저작근의 상태를 평가하는데 널리 이용되고 있으며, 저작력은 저작 중 근육에 의해 발생하는 힘을 의미한다. 교합력에 관해서는 Photo-occlusion에 의한 치아 접촉력의 상호비교<sup>3</sup>, sound transmission법을 이용한 교합력의 측정<sup>4</sup>, 교합력과 근육 활성도의 관계<sup>5-7</sup>, 교합력과 안모형태의 관계<sup>8-10</sup>, 치아 접촉수 및 위치와의 상호관계<sup>11,12</sup> 등이 다양하게 비교되어져 왔다.

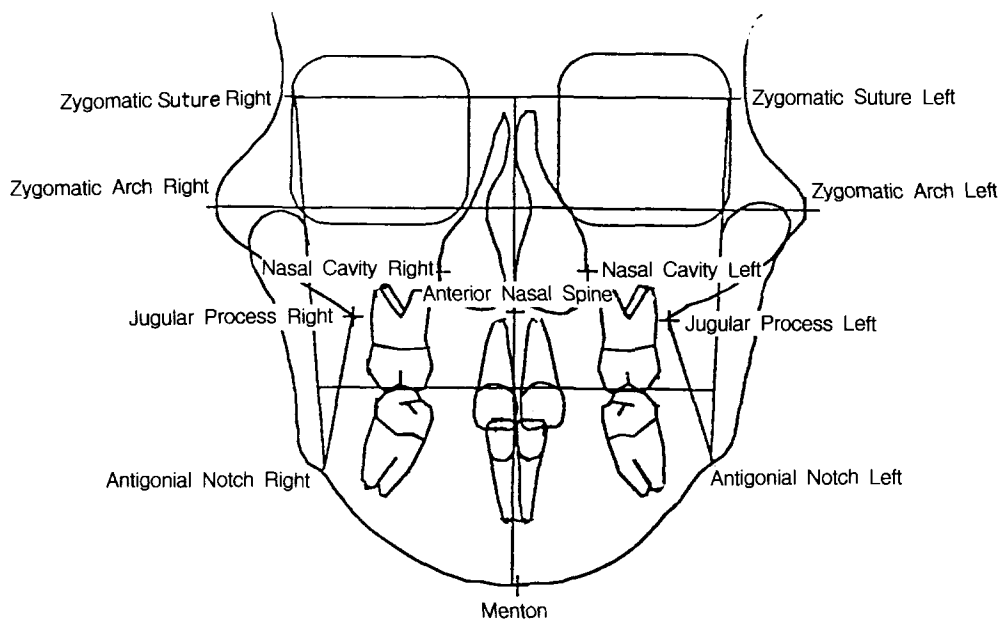
따라서 국내외적으로 교합력에 관하여는 안면골격형태, 저작습관, 부정교합 및 인종 등에 따른 다수의 연구 보고가 있으며<sup>13-18</sup>, 한국인을 대상으로 시행한 경우도 있으나 교합력을 측정할 교합력계가 다르고, 측정부위의 구분이 일정치 않아 실제로 임상에서 사용하기에는 미흡

하며<sup>19,20</sup>, 안면골격형태, 음식물 기호, 그리고 저작습관 등이 과거와는 많은 변화가 있어 과거의 연구와는 최대 교합력에 있어 차이가 예상된다.

본 연구는 안면골격형태에 따른 교합력을 측정하기 위하여 시행되었으며, 한국성인 정상교합자의 측도 및 정모 두부방사선 계측에 따른 최대 교합력의 정상치를 제공하여 추후 시행예정인 악안면 기형, 턱관절 장애 환자의 치료전후 최대 교합력의 비교연구 등에 중요한 기초

### 연구대상 및 방법

본 연구에서는 정상교합자로서 안모형태와 교합상태가 양호하고, 두개안면부의 성장발육에 영향을 미칠만한



**Fig. 2.** Location of 12 landmarks required for posteroanterior cephalometric analysis.

- Zygomatic Suture Right; Zygomatic-frontal suture at intersection of orbits right
- Zygomatic Suture Left; Zygomatic-frontal suture at intersection of orbits left
- Zygomatic Arch Right; Zygomatic center of root of zygomatic arch right
- Zygomatic Arch Left; Zygomatic center of root of zygomatic arch left
- Nasal Cavity Right; Nasal cavity at the widest area right
- Nasal Cavity Left; Nasal cavity at the widest area left
- Jugular Process Right; Intersection of zygomatic buttress and outline of tuberosity right
- Jugular Process Left; Intersection of zygomatic buttress and outline of tuberosity left
- Antigonial Notch Right; Antigonial notch right
- Antigonial Notch Left; Antigonial notch left
- Anterior Nasal Spine; Tip of anterior nasal spine
- Menton; At inferior border of symphysis

질병에 이환되지 않았으며, 교정치료와 보철치료를 받은 경험이 없고, 편측저작의 습관과 턱관절 장애의 임상증상이 없으며, 전신질환의 병력이 없는 건강한 20세~26세의 한국성인 118명(남자 63명, 여자 55명)을 연구대상으로 하였다. 평균연령은 23.9세(남자 24.3세, 여자 23.5세)였으며, 평균체중은 58.6 kg(남자 65.8 kg, 여자 49.4 kg)였다.

연구 대상자의 측모 및 정모 두부방사선사진의 촬영은 PANOURA 10-C(Yoshida Co., Japan)를 사용하였으며, 촬영 대상의 안이평면이 수평면에 평행이 되도록 ear road를 고정된 후 관전압 85~90Kvp, 관전류 10mA 하에서 촬영되었다. 두부방사선 측정은 표준방식에 의해 촬영된 측

모 및 정모 두부방사선사진의 투사도를 tracing paper로 작성한 후 Quick Ceph Image™ computer program을 이용하여 측정되었다. 측모 및 정모 두부방사선사진의 투사도에 각각 20개 및 12개의 측정점을 digitizer로 입력하여 측모 방사선사진의 29개 및 정모 방사선사진의 13개 측정항목 설정으로 안면골격형태를 분석하였다(Fig. 1, 2 and Table 1, 2). 각도와 거리에 대한 측정은 각각 0.1°, 0.1 mm 수준까지 측정하였으며, 측정항목별 측정치들은 남녀별로 각각의 평균과 표준편차를 구하였고, paired t-test를 이용하여 남녀별 유의성을 검정하였다.

최대 교합력의 측정을 위한 교합력 측정기로는 교합력계(MPM 3000, 일본 광전공업사; 동경)를 사용하였으며

**Table 1.** Lateral cephalometric analysis by Quick Ceph Image™ computer program

---

Anterior Cranial Base (mm); Nasion to cross point of basion-nasion plane and facial axis
Posterior Facial Height (mm); Gonion to cross point of Frankfort horizontal plane and pterygoid vertical plane
Cranial Deflect (dg); Basion-nasion plane to Frankfort horizontal plane
Porion Location (mm); Porion to pterygoid vertical plane
Ramus Position (dg); Frankfort horizontal plane to corpus left cross point of Frankfort horizontal plane and pterygoid vertical plane
Maxillary Depth (dg); Frankfort horizontal plane and nasion to A point
Maxillary Height (dg); Nasion, cross point of Frankfort horizontal plane and pterygoid vertical plane to A point
SN-Palatinal Plane (dg); Sella-nasion plane to palatal plane
Facial Depth (dg); Facial plane to Frankfort horizontal plane
Facial Axis (dg); Facial axis to basion-nasion plane
Mandibular Plane (dg); Mandibular plane to Frankfort horizontal plane
Total Facial Height (dg); Facial plane to basion-nasion plane
Facial Taper (dg); Mandibular plane to facial plane
Convexity (mm); A point to facial plane
Corpus Length (mm); Corpus left to PM
Mandibular Arch (dg); Corpus axis to condylar axis
Lower Facial Height (dg); ANS and corpus left to PM
Maxilla 1 to APo (mm); Incisal tip of upper central incisor to A point-pogonion plane
Maxilla 1 to FH (dg); Incisal tip of upper central incisor to Frankfort horizontal plane
Maxilla 6 to PTV (mm); Distal point of upper first molar to pterygoid vertical plane
Mandible 1 to APo (mm); Incisal tip of lower central incisor to A point-pogonion plane
Mandible 1 Inclination (dg); Long axis of lower central incisor to A point-pogonion plane
Mandible 1 Extrusion (mm); Incisal tip of lower central incisor to Frankfort horizontal plane
Hinge Axis Angle (dg); Corpus axis to basion-nasion plane
Interincisor Angle (dg); Long axis of upper central incisor to lower
Molar Relation (mm); Distal point of upper first molar to lower by occlusal plane
Incisor Overjet (mm); Cusp tip of upper canine to lower by occlusal plane, horizontal
Incisor Overbite (mm); Cusp tip of upper canine to lower by occlusal plane, vertical
Lower Lip Esthetic Plane (mm); Lower lip to esthetic plane

---

mm: milimeter

dg: degree

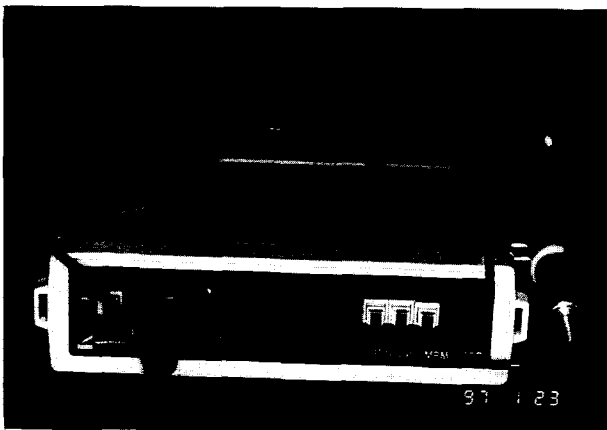
**Table 2.** Posteroanterior cephalometric analysis by Quick Ceph Image™ computer program

---

Facial Width (mm); Right zygomatic suture point to left
Nasal Width (mm); ANS to right-left zygomatic suture plane
Maxillary Width (mm); Right jugular process point to left
Maxilla-Mandible Width (mm); Jugular process to frontal facial plane
Molar Relation Right (mm); Distal point of upper first molar to lower, right
Molar Relation Left (mm); Distal point of upper first molar to lower, left
Intermolar Width (mm); Distal point of right lower first molar to left
Molar to Jaw Right (mm); Distal of lower first molar to frontal jaw plane, right
Molar to Jaw Left (mm); Distal of lower first molar to frontal jaw plane, left
Mandibular Width (mm); Right antgonial notch to left
Intercanine Width (mm); Cusp tip of right lower canine to left
Denture Midline (mm); Deviation of midline of upper and lower central incisors
Maxilla-Mandible Midline (dg); ANS-menton plane to right-left zygomatic suture plane

---

mm: milimeter  
 dg: degree



**Fig. 3.** A view of MPM 3000 for recording maximum occlusal force.

(Fig. 3), 중심교합상태로 약 10 mm의 악간거리에서 최대한으로 상하악 치아들의 악물기를 유도한 후 측정부위는 전치부, 전치부, 소구치부 및 대구치부를 좌우측으로 구분하여 각각 3회씩 교합력을 측정하였다. 측정 대상자의 안이평면은 지면과 평행되게 하였고, 미리 압력감지기에 대하여 충분한 설명을 한 후 척추를 곧게한 자세로 긴장을 최소화하도록 하였다. 교합력 측정시는 각 부위의 상하악 치아들 사이에서 transducer가 매 측정시마다 항상 제위치를 유지할 수 있도록하며, 첫번째의 교합력 측정 후 저작근의 피로로 인한 교합력의 감소를 최소화시키기 위해 5분 정도씩 시간의 간격을 두고 두번째, 세번째 측

정을 시행하였다. 측정된 교합력은 남녀별 및 측정부위별로 평균과 표준편차를 구하였으며, paired t-test로 좌우측과 남녀 상호간의 유의성을 검정하였다. 최대 교합력과 안면골격형태간의 관계는 단순상관분석을 통한 Pearson의 상관계수를 사용하여 측도 및 정모 두부방사선 계측치들과 남녀 측정부위별 최대 교합력 평균의 상관관계를 조사하였다.

## 결 과

한국성인 정상교합자의 측도 및 정모 두부방사선사진의 계측항목별 정상치는 Table 3, 4에서와 같으며, 측도 분석과 정모분석에서 각각 11개와 6개의 계측항목이 남녀간 유의한 차이를 보였다( $p < 0.05$ ). 측도분석에서는 anterior cranial base, posterior facial height, maxillary height, facial depth, mandibular plane, total facial height, convexity, corpus length, mandibular arch, maxilla 6 to PTV, 그리고 lower lip esthetic plane의 계측항목이 남녀간에 유의한 차이를 보였고, 정모분석에서는 facial width, nasal width, maxillary width, intermolar width, mandibular width, 그리고 intercanine width의 계측항목이 남녀간에 유의한 차이를 보였다( $p < 0.05$ ).

최대 교합력의 측정결과는 Table 5에서와 같이 전치부가 남자  $15.1 \pm 3.4$  kg, 여자  $13.3 \pm 2.5$  kg, 전치부가 남자  $21.2 \pm 5.9$  kg, 여자  $19.0 \pm 6.7$  kg, 소구치부가 남자  $29.5 \pm$

**Table 3.** Values of lateral cephalometric analysis

Variables	M ± SD	
	Male(N=63)	Female(N=55)
Anterior Cranial Base(mm)	62.43 ± 2.72	58.37 ± 2.58*
Posterior Facial Height(mm)	58.22 ± 2.35	57.91 ± 2.03*
Cranial Deflect(dg)	27.88 ± 1.74	27.65 ± 1.87
Porion Location(mm)	36.68 ± 2.11	36.43 ± 2.15
Ramus Position(dg)	76.56 ± 3.27	76.51 ± 4.36
Maxillary Depth(dg)	88.73 ± 4.69	88.55 ± 3.87
Maxillary Height(dg)	63.35 ± 3.18	61.93 ± 2.98*
SN-Palatinal Plane(dg)	7.17 ± 0.47	7.12 ± 0.34
Facial Depth(dg)	88.92 ± 4.76	87.71 ± 4.19*
Facial Axis(dg)	85.57 ± 4.33	85.29 ± 4.38
Mandibular Plane(dg)	25.87 ± 1.84	27.17 ± 2.18*
Total Facial Height(dg)	62.05 ± 2.92	61.97 ± 2.36*
Facial Taper(dg)	64.71 ± 3.04	64.13 ± 2.76
Convexity(mm)	1.44 ± 0.83	1.99 ± 0.81*
Corpus Length(mm)	79.75 ± 4.24	71.96 ± 4.38*
Mandibular Arch(dg)	30.22 ± 1.97	28.84 ± 1.76*
Lower Facial Height(dg)	48.32 ± 1.88	48.11 ± 1.76
Maxilla 1 to APo(mm)	6.65 ± 1.34	6.61 ± 1.25
Maxilla 1 to FH(dg)	113.89 ± 5.78	113.75 ± 5.87
Maxilla 6 to PTV(mm)	21.96 ± 1.17	17.34 ± 0.94*
Mandible 1 to APo(mm)	3.03 ± 1.17	2.95 ± 1.33
Mandible 1 Inclination(dg)	26.57 ± 2.34	26.66 ± 2.37
Mandible 1 Extrusion(mm)	2.39 ± 0.73	2.38 ± 0.75
Hinge Axis Angle(dg)	91.24 ± 5.56	91.28 ± 5.44
Interincisor Angle(dg)	123.82 ± 5.33	123.95 ± 5.11
Molar Relation(mm)	1.53 ± 0.57	1.59 ± 0.39
Incisor Overjet(mm)	3.81 ± 1.22	3.88 ± 1.14
Incisor Overbite(mm)	2.15 ± 0.87	2.11 ± 0.73
Lower Lip Esthetic Plane(mm)	2.01 ± 1.05	1.97 ± 1.18*

M ± SD: Mean ± standard deviation

\*: Between male and female, p &lt; 0.05

7.9 kg, 여자 29.4 ± 7.6 kg, 그리고 대구치부가 남자 48.3 ± 8.9 kg, 여자 36.2 ± 8.2 kg로 나타났으며, 소구치부를 제외한 전치부, 견치부, 그리고 대구치부의 최대 교합력이 좌우측 및 남녀간에 유의한 차이를 보였다(p < 0.05). 최대 교합력은 우측 소구치부를 제외한 모든 부위에서 남자가 여자보다 강하였으며, 남자의 견치부, 소구치부, 그리고 대구치부를 제외하고는 우측의 최대 교합력이 좌측보다 강하였다.

측모 및 정모 방사선사진 계측치와 최대 교합력간의

**Table 4.** Values of posteroanterior cephalometric analysis

Variables	M ± SD	
	Male(N=63)	Female(N=55)
Facial Width(mm)	134.77 ± 9.65	132.47 ± 8.61*
Nasal Width(mm)	29.82 ± 3.20	27.96 ± 3.44*
Maxillary Width(mm)	65.84 ± 6.46	63.22 ± 5.38*
Maxilla-Mandible Width(mm)	10.98 ± 3.27	10.42 ± 4.21
Molar Relation Right(mm)	1.43 ± 1.32	1.40 ± 1.22
Molar Relation Left(mm)	1.48 ± 1.87	1.45 ± 1.74
Intermolar Width(mm)	57.49 ± 5.66	56.38 ± 6.72*
Molar to Jaw Right(mm)	6.12 ± 2.36	5.98 ± 3.12
Molar to Jaw Left(mm)	6.45 ± 3.11	6.02 ± 3.08
Mandibular Width(mm)	90.27 ± 7.93	88.62 ± 6.58*
Intercanine Width(mm)	26.74 ± 4.36	25.12 ± 4.74*
Denture Midline(mm)	0.78 ± 0.56	0.65 ± 0.73
Maxilla-Mandible Midline(dg)	0.92 ± 1.13	1.07 ± 1.04

M ± SD: Mean ± standard deviation

\*: Between male and female, p &lt; 0.05

상관관계는 Table 6, 7에서와 같으며, 전반적으로는 두개부와 치아부를 제외한 안면골격형태를 나타내는 대부분의 계측항목들이 주로 소구치부와 대구치부를 포함하는 구치부의 최대 교합력과 통계학적으로 유의한 상관관계를 보였다(p < 0.05). 측모분석에서는 ramus position, facial depth, mandibular plane, total facial height, corpus length, 그리고 lower facial height 등이 구치부 최대 교합력과 유의한 상관관계를 보였고, 정모분석에서는 facial width, molar to jaw right, molar to jaw left, 그리고 mandibular width 등이 구치부 최대 교합력과 유의한 상관관계를 보였다(p < 0.05). 특히 total facial height는 남녀 모든 부위에서의 최대 교합력과 유의한 상관관계를 보였으며, 정모분석에서의 facial width는 남녀 견치부의 최대 교합력과 유의한 상관관계를 보였다(p < 0.05).

## 고 찰

교합은 상하악 치아들의 배열과 악골간의 상호작용에 의해 이루어지며, 중심교합위는 상하악 치아들의 교합면이 최대로 접촉하는 가장 안정된 상태에서 저작시 최대의 교합력을 낼 수 있으면서 치아주위 지지조직의 손상을 받지 않고 저작할 수 있는 상태이다. 중심교합상태에

**Table 5.** Values of maximum occlusal force of Korean adults with normal occlusion

Variables	M ± SD					
	Male(N=63)			Female(N=55)		
	Right	Left	Mean	Right	Left	Mean
Incisor(kg)	15.4 ± 3.2	14.7 ± 3.7 <sup>+</sup>	15.1 ± 3.4	13.5 ± 2.5	13.2 ± 2.6 <sup>+</sup>	13.3 ± 2.5*
Canine(kg)	20.9 ± 5.7	21.5 ± 6.3 <sup>+</sup>	21.2 ± 5.9	19.6 ± 6.9	18.3 ± 7.1 <sup>+</sup>	19.0 ± 6.7*
Premolar(kg)	29.4 ± 8.3	29.7 ± 7.5	29.5 ± 7.9	29.5 ± 7.4	29.3 ± 7.9	29.4 ± 7.6
Molar(kg)	48.2 ± 8.6	48.5 ± 9.1 <sup>+</sup>	48.3 ± 8.9	36.7 ± 8.5	35.5 ± 7.8 <sup>+</sup>	36.2 ± 8.2*

M ± SD: Mean ± standard deviation

\*: Between male and female, p < 0.05

<sup>+</sup>: Between right and left, p < 0.05

**Table 6.** Correlation coefficients between values of lateral cephalometric analysis and maximum occlusal force

Variables	Male				Female			
	Incisor	Canine	Premolar	Molar	Incisor	Canine	Premolar	Molar
Anterior Cranial Base	0.230	0.214	0.016	0.156	0.109	0.262	0.290	0.173
Posterior Facial Height	0.151	0.254	0.109	0.132	0.174	0.241	0.290	0.209
Cranial Deflect	0.221	0.241	0.231	0.122	0.233	0.409	0.290	0.083
Porion Location	0.206	0.211	0.258	0.172	0.289	0.341	0.290	0.011
Ramus Position	0.155	0.141	0.364*	0.326*	0.096	0.107	0.414*	0.351*
Maxillary Depth	0.241	0.209	0.145	0.211	0.206	0.245	0.191	0.142
Maxillary Height	0.179	0.210	0.129	0.209	0.199	0.053	0.054	0.243
SN-Palatinal Plane	0.108	0.108	0.291	0.067	0.124	0.246	0.204	0.143
Facial Depth	0.220	0.241	0.129	0.323*	0.133	0.051	0.022	0.343*
Facial Axis	0.141	0.209	0.028	0.122	0.232	0.164	0.156	0.239
Mandibular Plane	0.244	0.243	0.338*	0.384*	0.224	0.283	0.364*	0.307*
Total Facial Height	0.302*	0.345*	0.335*	0.402*	0.325*	0.411*	0.324*	0.359*
Facial Taper	0.271	0.293	0.129	0.272	0.256	0.136	0.243	0.219
Convexity	0.202	0.043	0.143	0.154	0.083	0.234	0.034	0.119
Corpus Length	0.180	0.221	0.332*	0.434*	0.180	0.177	0.342*	0.332*
Mandibular Arch	0.211	0.102	0.225	0.142	0.147	0.126	0.220	0.124
Lower Facial Height	0.253	0.222	0.353*	0.412*	0.245	0.153	0.421*	0.357*
Maxilla 1 to APo	0.252	0.211	0.146	0.143	0.284	0.294	0.223	0.245
Maxilla 1 to FH	0.266	0.263	0.247	0.124	0.155	0.245	0.132	0.227
Maxilla 6 to PTV	0.179	0.235	0.236	0.204	0.243	0.249	0.248	0.162
Mandible 1 to APo	0.167	0.063	0.132	0.245	0.232	0.183	0.270	0.137
Mandible 1 Inclination	0.121	0.243	0.113	0.133	0.105	0.226	0.150	0.272
Mandible 1 Extrusion	0.103	0.243	0.277	0.242	0.134	0.232	0.134	0.278
Hinge Axis Angle	0.277	0.344	0.150	0.342	0.139	0.235	0.207	0.268
Interincisor Angle	0.122	0.210	0.301	0.238	0.032	0.253	0.327	0.270
Molar Relation	0.129	0.109	0.240	0.235	0.107	0.153	0.227	0.042
Incisor Overjet	0.220	0.135	0.017	0.253	0.270	0.204	0.254	0.262
Incisor Overbite	0.198	0.073	0.179	0.153	0.256	0.156	0.136	0.276
Lower Lip Esthetic Plane	0.219	0.254	0.251	0.237	0.036	0.145	0.240	0.231

\*: p < 0.05

Table 7. Correlation coefficients between values of posteroanterior cephalometric analysis and maximum occlusal force

Variables	Male				Female			
	Incisor	Canine	Premolar	Molar	Incisor	Canine	Premolar	Molar
Facial Width	0.231	0.367*	0.337*	0.302*	0.137	0.302*	0.365*	0.324*
Nasal Width	0.237	0.148	0.106	0.106	0.151	0.068	0.191	0.173
Maxillary Width	0.109	0.204	0.116	0.127	0.208	0.142	0.208	0.176
Maxilla-Mandible Width	0.199	0.107	0.206	0.260	0.256	0.262	0.102	0.235
Molar Relation Right	0.223	0.207	0.206	0.149	0.143	0.256	0.255	0.135
Molar Relation Left	0.230	0.280	0.214	0.111	0.244	0.156	0.240	0.145
Intermolar Width	0.160	0.062	0.209	0.231	0.181	0.108	0.268	0.240
Molar to Jaw Right	0.201	0.293	0.124	0.360*	0.122	0.201	0.363*	0.319*
Molar to Jaw Left	0.287	0.109	0.408*	0.318*	0.204	0.135	0.134	0.308*
Mandibular Width	0.209	0.241	0.363*	0.312*	0.269	0.243	0.364*	0.342*
Inter canine Width	0.197	0.279	0.109	0.208	0.119	0.227	0.185	0.271
Denture Midline	0.114	0.101	0.216	0.259	0.109	0.212	0.126	0.193
Maxilla-Mandible Midline	0.165	0.274	0.116	0.106	0.239	0.202	0.190	0.287

\*: p&lt;0.05

서는 좌우측이 동시에 균일한 접촉을 이루게 되어 이상적 교합을 형성한다. 이상적 교합은 저작계의 생리적 균형을 유지하면서 저작계의 다른 부분과 기능적으로 조화를 이루어 저작, 발음, 그리고 심미적인 면 등에서 기본적인 욕구를 충족하는 동시에 전신과의 관계에서도 만족할 수 있는 상태를 말한다.

최대 교합력은 중심교합상태에서 구치부가 양측성으로 대칭되는 교합접촉을 가질 때 얻어질 수 있고, 교합력은 접촉점이 많을수록 증가하여 상호간에는 높은 상관관계를 보이며, 이때 치아 접촉점의 수보다는 위치가 더욱 중요하다<sup>11,12</sup>. 정상교합은 부정교합에 비하여 치아 접촉수가 많으므로 교합력은 정상교합자에게서 크게 나타날 수 있다.

자연치열자의 최대 교합력은 전치부, 견치부, 소구치부, 대구치부의 순으로 증가하지만 교합면적은 대구치부가 가장 넓으므로 단위면적당 교합력은 오히려 대구치부가 작으며, 교합력은 치조골의 치근면적에 비례하면서 턱관절에 가까울수록 큰 힘을 낼 수 있다. 정상교합자의 경우 남녀 모두에서 제 1대구치 부위의 교합력이 가장 큰 것으로 알려져 있으나 조사자에 따라 다소의 차이를 보이고 있다.

일반적으로 교합력은 교합에 참여하는 치아의 수가 많을수록 커지며, 여자에 비하여 남자가 크다. 연령적으로는 약 10세부터 증가하기 시작하여 남자가 여자보다 급

격한 증가를 보이고, 15세에서 20세 사이가 최대가 된 이후부터는 연령증가와 더불어 감소하게 된다. 치료받은 치아부위의 최대 교합력은 건강한 치아부위보다 감소되는 경향이 있으며, 실제 음식물을 저작할 때의 저작력은 식품의 종류와 저작의 경과에 따라 다를 수 있다. 또한 최대 교합력 차이의 가장 중요한 요소는 대상물을 강하게 저작하려는 저작자의 의욕으로 심리적 상태가 매우 중요하다<sup>2</sup>.

정상교합을 갖는 성인 남녀의 최대 교합력은 제 1대구치 부위에서 남자는 평균 62.5 kg, 여자는 평균 42.7 kg이지만 전치부에서는 남녀의 차이가 거의 없어 평균 11.2 kg이라는 보고가 있으며<sup>2</sup>, 남녀 평균으로는 대구치부 53.2 kg, 소구치부 47.9 kg, 전치부 22.9 kg로 측정된 경우<sup>19</sup>와 제 1대구치부 59.6 kg, 소구치부 45.4 kg, 중절치부 17.1 kg로 보고한 연구가 있다<sup>10</sup>. 그 외에도 과거에는 한국인의 정상치를 남자 53.0 kg, 여자 54.5 kg로 보고하는<sup>20</sup> 등 연구자마다 다양한 결과를 제시하였다.

본 연구에서는 전치부, 견치부, 소구치부, 그리고 대구치부를 좌우로 각각 나누어 조사하였으며, 지금까지의 연구결과보다는 다소 적은 측정치를 한국성인 정상교합자의 최대 교합력으로 제시받았다. 남자의 경우 전치부 약 15.1 kg, 견치부 21.2 kg, 소구치부 29.5 kg, 그리고 대구치부 48.3 kg로 조사되었으며, 여자는 남자보다 다소 적게 나타났다.



특별히 우측 소구치부에서의 최대 교합력은 여자가 남자보다 강한 것으로 조사되었으나 통계학적인 의미는 없으며, 좌우측의 차이는 저작자 자신도 잘 모르는 저작습관에 기인한 것으로 생각된다. 과거에 비해 측정부위별 최대 교합력이 적게 나타난 것은 안면골격형태, 음식물의 기호, 그리고 저작습관 등의 차이에서 기인하는 것으로 생각되며, 서양인과는 이들 모두가 다르므로 최대 교합력을 비교할 수 없다.

안면골격형태는 과거보다 전체적으로 가름해지면서 교근의 부착부위인 하악골 우각부와 관골부위의 돌출도가 줄어드는 것과의 연관성을 생각해 볼 수 있으나 영양상태의 개선으로 인한 안면골격, 그 중에서도 특히 저작과 관련되는 골격의 단단해짐도 고려되어야 할 것이다. 저작근의 부착은 주로 하악골에서 기원하고, 강도있는 저작을 담당하는 부위는 구치부 치아들로서 구치부 최대 교합력과 하악골 골격형태의 연관성을 가정해 볼 수 있다. 또한 음식물의 기호에 따른 저작습관은 많은 변화가 있었으며, 단단하고 질긴 음식에서 조리가 잘된 연하고 부드러운 음식을 저작함으로써 저작능력의 저하가 곧 최대 교합력의 감소를 초래하는 것으로 생각된다.

교합력이 구치부와 전치부 사이에서 현저한 차이를 보이는 이유로는 턱관절을 받침점으로 할 때 저작근의 위치가 전치부보다는 구치부쪽이 짧으므로 구치부의 교합력이 더욱 큰 것으로 생각된다. 그 외에도 구치부와 전치부는 치아 지지조직의 항압력 작용이 다르고, 치근막의 통각 감수성이 다른점에 기인한다. 전치의 치근은 단근이지만 대구치는 2~3개의 치근이 있어 교합면에 가해진 교합력도 각 치근이 분산하여 부담하기 때문에 물리적으로 항압력이 크게된다. 치아를 강하게 깨물면 치근막에 통증이 생겨 강하게 깨물 수 없게 되는데 이러한 통각 감수성이 전치부는 높고, 구치부는 낮기 때문에 자연히 최대 교합력도 구치부쪽이 크게된다.

전치부의 교합력에 남녀차가 보이지 않는 것은 저작의 근력에 있어서 남자가 여자보다 우수하지만 전치부에서는 압력에 대한 통각의 역치가 현저한 차이를 보이지 않기 때문에 교합력에 차이를 보이지 않는 것으로 사료된다. 전치부와 구치부의 교합력은 저작근의 근활성도가 높아 저작근력이 강한 남자에게서 일반적으로 높게 나타나며, 이는 남자가 여자보다 강하다는 일반적 생각이 최대 교합력 측정시 심리적으로 작용한 이유도 있으리라 여겨진다.

본 연구에서도 여자에 비해 남자가 대체적으로 높은 최대 교합력을 나타냈으나 소구치부에서만은 남녀차를

보이지 않아 다소 다른 결과를 보였으며, 좌우측의 차이도 통계학적으로 유의하지 않았다. 이는 소구치의 위치가 악궁의 중간부위에 위치하므로 전치부와 구치부에 비해 저작력이 일정하고, 균형적이며, 저작압에 대한 통각 감수성이 남녀별로 차이를 보이지 않기 때문으로 생각된다.

최대 교합력과 안모형태를 비교한 연구들 중에 정상안모를 가진 집단과 긴 안모를 가진 집단을 비교한 결과 소아에서는 교합력의 차이가 없었으나 성인에서는 정상안모를 가진 집단에 비해 긴 안모를 가진 집단의 교합력이 적다는 보고가 있다<sup>13,21,22</sup>. 그 외에도 짧은 안면고경과 gonial angle이 작은 사각형의 안모형태에서 강한 저작근의 근활성도에 의한 교합력 증가를 보고하였으며<sup>23,24</sup>, 전치부 개방교합자의 최대 교합력은 정상교합자에 비해 적고<sup>7</sup>, 최대 교합력의 반 정도가 mandibular base length and body length, gonial angle, ramus height에 의해 영향을 받는다는 보고도 있다<sup>10,25,26</sup>.

본 연구에서도 두개부와 치아부를 제외한 대부분의 안면골격형태를 나타내는 측모 및 정모분석상에서의 측정 항목들이 소구치부와 대구치부를 포함하는 구치부의 최대 교합력과 상관관계를 보이는 것으로 나타났다. 측모 분석에서는 ramus position, facial depth, mandibular plane, total facial height, corpus length, 그리고 lower facial height 등이, 정모분석에서는 facial width, molar to jaw right, molar to jaw left, 그리고 mandibular width 등이 구치부 최대 교합력과의 유의한 상관관계를 보였다. 특히 total facial height, corpus length, lower facial height, 그리고 mandibular width 등이 높은 상관관계를 보였다. 이들은 주로 안면골격형태 중에서도 하악골의 형태와 연관된 측정항목들로 하악골형태가 구치부 교합에 의한 저작력과 관련성이 있음을 시사한다고 생각된다.

정모분석에서의 facial width는 남녀 견치부의 최대 교합력과 유의한 상관관계를 보였으며, 남녀 모든 부위의 최대 교합력은 유일하게 total facial height와 유의한 상관관계를 보여 안면골격형태와 최대 교합력의 상관성을 보여 주었다. 따라서 최대 교합력은 안면골격의 상하길이와 좌우넓이에 비례하여 증가하는 것으로 나타났다. 그러나 안모형태에 따라 교합력의 차이가 발생하는지 아니면 교합력의 차이가 최종적인 안모형태를 결정하는지는 여전히 논란의 여지가 남아있다.

교합력과 저작근의 근활성도에 관해서도 상관관계가 없다는 보고와 상호 직선상의 상관관계가 있다는 보고가 대립되고 있으니<sup>27-29</sup> 교합하는 치아수가 많고 접촉면이

넓을수록 근활성도가 증가하여 교합력도 커진다는 데에는 이견이 없다<sup>30,31</sup>. 따라서 앞으로 안면골격형태와 저작근의 근활성도의 상관관계를 조사연구하면 교합력과 의 관계도 자연히 알 수 있으리라 생각된다.

교합력은 연령, 성별, 체중, 치주질환의 유무, 구강상태, 음식물의 기호와 섭취습관 등 많은 복합적인 요소들이 관계하므로 이런 요소들을 잘 고려해서 측정하는 것이 바람직하다. 그러므로 최대 교합력의 측정은 반복측정에 의한 근육의 피로와 측정기구에 의한 차이 등 다양한 변수에 의해 같은 피검자라고 할지라도 큰 차이가 날 수 있으므로 이를 최소화하는 노력이 무엇보다도 중요하다.

본 연구에서도 최대 교합력은 피검자 개개인 간에, 그리고 같은 피검자라도 측정시기에 따라 다소의 차이를 보였다. 측정시 피검자의 심리상태와 교합의 미세한 차이에 의해서도 차이를 보일 수 있어 최대 교합력의 평가에 어려움이 있으므로 날짜를 달리하여 여러번 반복 측정하는 것이 보다 좋은 결과를 얻을 수 있다고 생각된다. 동시에 측정시 피검자가 최대한의 악물기를 시행했는지를 객관적으로 평가하는 것이 중요하리라 생각되며, 악물기전 악간거리를 피검자마다 약 10 mm로 일정하게 유지하여 저작근의 신장과 수축시 최대의 교합력을 낼 수 있는 길이로 저작근이 늘어나게 하는 것이 도움을 줄 수 있다.

정상성인에서 두부방사선 측정에 따른 안면골격형태와 정상교합은 최대 교합력을 결정하는 기준이 될 수 있으며, 그 외에도 저작근의 근활성도가 중요한 역할을 담당하리라 사료되므로 교합력과 근활성도를 비교하는 연구가 계속되어야 하겠다.

## 결 론

한국성인 정상교합자 118명(남자 63명, 여자 55명)의 측모 및 정모 두부방사선사진을 분석하여 계측항목별 정상치를 구하고, 교합력계(MPM 3000)를 이용한 전치부, 견치부, 소구치부 및 대구치부의 부위별 최대 교합력을 측정하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1) 한국성인 정상교합자의 최대 교합력은 전치부가 남자 15.1 kg, 여자 13.3 kg, 견치부가 남자 21.2 kg, 여자 19.0 kg, 소구치부가 남자 29.5 kg, 여자 29.4 kg, 그리고 대구치부가 남자 48.3 kg, 여자 36.2 kg이었다.

2) 한국성인 정상교합자의 최대 교합력은 소구치부를 제외한 전치부, 견치부, 그리고 대구치부에서 좌우측 및

남녀간에 유의한 차이를 보였다( $p < 0.05$ ). 최대 교합력은 우측 소구치부를 제외하고는 여자보다 남자가 강하였으며, 남자의 견치부, 소구치부, 그리고 대구치부를 제외하고는 우측이 좌측보다 강하였다.

3) 한국성인 정상교합자의 측모 및 정모 두부방사선 계측치들 중에서 안면골격형태를 대표할 수 있는 측정치들의 대부분은 주로 소구치부와 대구치부 최대 교합력의 측정치들과 유의한 상관관계를 보였다( $p < 0.05$ ).

따라서 한국성인 정상교합자의 부위별 최대교합력은 측모 및 정모 두부방사선 측정에 의한 안면골격형태와 상관성이 있으며, 특히 소구치부와 대구치부의 최대 교합력은 하악골형태와 상관관계가 있는 것으로 나타났다. 본 연구결과인 한국성인 정상교합자의 최대 교합력에 대한 정보는 부정교합자, 악안면 기형 및 턱관절 장애 환자의 치료전후 변화된 교합양상에 따른 교합력의 변화를 연구하는데 유용한 기초자료로 활용될 수 있을 것이다.

## 참 고 문 헌

1. Beyron H: Optimum occlusion. Dent Clin North Am 13: 537-554, 1969
2. 이종훈, 김중수: 구강생리학 제 4 판. 군자출판사 118-125, 1994
3. Dawson PE, Arcan M: Attaining harmonic occlusion through visualized strain analysis. J Prosthet Dent 46: 443-449, 1981
4. Maness W, Benjamin M, Podoloff R, Bobick A Golden R: Computerized occlusal analysis; a new technology. Quit Internat 4: 287-292, 1987
5. Hosman H, Naeije M: Reproducibility of the normalized electromyographic recording of the masseter muscle by using the EMG recording during maximal clenching as a standard. J Oral Rehab 6: 49-54, 1979
6. Manns A, Miralles R: Influence of variation in anteroposterior occlusal contacts on electromyographic activity. J Prosthet Dent 61: 617-623, 1989
7. Ahlgren J, Sonesson B, Blitz M: An electromyographic analysis of the temporalis function of normal occlusion. Am J Orthod 87: 230-239, 1985
8. Oyer R, Tsay P: A biomechanical analysis of craniofacial form and bite force. Am J Orthod 99: 298-309, 1991
9. Ringquist M: Isometric bite force and its relation to dimensions of the facial skeleton. Acta Odont Scand 31: 35-42, 1973
10. 이택우, 이기수: 교합력과 두개안면 형태의 상관관계에 대한 연구. 대한치과교정학회지 21: 185-195, 1991
11. MacDonald JWC, Hannam AG: Relationship between occlusal contact and jaw-closing muscle activity during tooth clenching; part 1. J Prosthet Dent 52: 718-728, 1984
12. Riise C, Ericsson SG: A clinical study of the distribution of

- the occlusal tooth contact in the intercuspal position at light and hard pressure in adult. *J Oral Rehab* 10: 473-480, 1983
13. Proffit WR, Fields HW, Nixon W: Occlusal forces in normal and long face adults. *J Dent Res* 62: 566-571, 1983
  14. Pond LH, Barghi GM, Barnwell GM: Occlusion and chewing side preference. *J Prosthet Dent* 35: 498-500, 1986
  15. Bakke M, Holm B, Jensen BL, Michler L, Moller E: Unilateral isometric bite force in 8-68-year-old women and men related to occlusal factors. *Scand J Dent Res* 98: 149-158, 1990
  16. Southard TE, Behrents RG, Tolley EA: The anterior components of occlusal force. *Am J Orthod* 96: 493-500, 1989
  17. Ingervall B: Facial morphology and activity of temporal and lip muscles during swallowing and chewing. *Angle Orthod* 46: 372-380, 1976
  18. Linderholm J, Lindqvist B, Ringqvist M, Wennstrom A: Isometric bite force in children and its relation to body build and general muscle force. *Acta Odont Scand* 29: 563-568, 1971
  19. 김인철: 한국인의 교합력에 관한 연구. *종합의학* 8: 105-119, 1963
  20. 이승우: 한국인의 교합력에 관한 연구. *대한치과의사협회지* 14: 941-943, 1976
  21. Sassouni V: A classification of skeletal facial types. *Am J Orthod* 55: 109-123, 1969
  22. Brudevold F: A basic study of the chewing forces of a denture wearer. *JADA* 43: 45-50, 1951
  23. Ingervall B, Bitsanis E: Pilot study of the effect of masticatory muscle training on facial growth in long face children. *Eur J Orthod* 9: 15-23, 1987
  24. Bolt J, Orchardson R: Relationship between mouth opening force and facial skeletal dimension in human female. *Arch Oral Biol* 31: 789-793, 1986
  25. Throckmorton G, Finn R, Bell WH: Biomechanics of differences in lower face height. *Am J Orthod* 77: 410-420, 1980
  26. Ingervall B, Helkimo E: Masticatory muscle force and facial morphology in man. *Arch Oral Biol* 23: 203-206, 1978
  27. Haradlson T, Carlsson GE, Dablstroma L, Jansson T: Relationship between myoelectrical activity in masticatory muscles and bite forces. *Scand J Dent Res* 93: 539-545, 1985
  28. Kawazoe Y, Kotni H, Hamada T: Relation between integrated electromyographic activity and bite force during voluntary isometric contraction in human masticatory muscles. *J Dent Res* 58: 1440-1449, 1979
  29. Bakke M, Michler L, Han K, Moller E: Clinical significance of isometric bite force versus electrical activity in temporal and masseter muscles. *Scand J Dent Res* 97: 539-551, 1989
  30. Koriath TWP: Number and location of occlusal contacts in intercuspal position. *J Prosthet Dent* 64: 206-210, 1990
  31. Maness W, Podoloff R: Distribution of occlusal contact on maximum intercuspatation. *J Prosthet Dent* 62: 238-242, 1989
-