

골유착성 임플란트 지지 고정성 보철물과 자연치의 최대교합력 비교

연세대학교 치과대학 치과보철학교실

권영숙 · 황선홍 · 한동후

I. 서 론

지난 수 십년 동안 무치악 또는 부분 무치악인 경우에 저작 기능을 향상시키기 위해 다양한 노력을 해왔으며 임플란트를 시술한 경우 장기간의 높은 성공률과 함께 상당한 저작 능력의 개선이 보고되었다.^{8,9,11-13,18,23,24,29,35)} 현재까지 골유착성 임플란트는 상실된 치아를 기능적으로 회복하는 가장 우수한 방법으로 평가를 받고 있으나 자연치의 기능을 완전히 회복할 수 있는지에 대해서는 다양한 견해가 있다.

골유착성 임플란트와 자연치의 가장 큰 차이는 치주인대 조직의 상실이다. 저작, 이악물기, 연하, 이갈이 등의 생리적인 구강기능 시 치아나 임플란트에 가해지는 하중은 다른데, 이는 악골 내의 치아와 임플란트의 지지가 다르기 때문이다.²⁹⁾

저작기능의 지표로 보통 교합력을 측정하여 나타내는데³⁴⁾ 교합력은 저작근의 수축에 의해서 발생하는 장력이 상하악 치아간 또는 치아간에 존재하는 물질을 매개로 하여 일어나는 힘을 말하며 교합력에 영향을 주는 요소로는 치아 지지조직의 기능적인 구조와 감각기관에 의한 스트레스 분산, 저작근의 수축이며 근수축력은 근활성과 약간 거리에 좌우된다.²⁸⁾

최대교합력에 대한 보고를 보면 구치부의 평균 최대교합력은 25~127kg,³⁶⁾ 77.5~499.5N,¹⁹⁾ 216~740N²⁷⁾이고 전치는 구치의 교합력의 1/3에 해당한다고 하였다.¹⁷⁾ 또한 Sasaki 등³⁰⁾은 편측 구치부 교합력이 189±78N, Lundgren과 Laurell¹⁹⁾은 주로 저작하

는 구치부측이 211±77N이라고 하였다. 그리고 Wennström 등³⁷⁾은 치열이 교합력에 중요한 변화 요인이라고 보고하였다.

임플란트의 최대교합력에 대해 Haraldsson 등⁸⁾은 200N 정도의 교합력을 보고하였는데 기능 후 2개월, 1년 시점에서 각각 교합력이 증가되는 것을 보고하였다. 그리고 Mericske-stern 등²³⁾은 자연치열의 경우 388N, 임플란트는 210N, 대조군 자연치에서는 244N으로, 자연치열보다는 낮으나 동일 대조군 사이에서는 유의성이 없음을 보고하였으며 Haraldsson 등⁹⁾은 골유착성 임플란트 지지 고정성 보철물과 대조군에서 저작력의 통계학적 유의차는 없다고 보고하였다. Richter 등²⁹⁾은 임플란트 보철물에서 수직 고경의 증가 없이 측정된 최대교합력은 100~150N이라고 보고하였다.

여러 연구에서 교합력 측정 방법을 보면 사용한 측정기구들이 서로 상이했으며 변이차도 크게 나타났다. 교합력 측정기구들은 주로 strain gauge를 이용하였는데 대표적인 것으로 Linderholm과 Wennström¹⁷⁾은 금속 막대(steel bar)와 전위차계(potentiometer writer)로 구성된 측정 기구를 사용하였고 Fløystrand 등⁵⁾은 miniature bite fork를 만들었으며, Waltimo와 Könönen³⁶⁾은 quartz force transducer를 사용하였다. 그 외 압전기(piezoelectrics)¹¹⁾와 보철수복물 내에 원격 측정 장치(telemetric device)를 장착하는 방법^{42,6)} 등이 사용되었다. 교합력 측정 방법은 쉽고 간단하며 표준화할 수 있어야 하고 측정 기

구의 이동성, 비용 등이 고려되어야 한다. 본 연구에서는 좀 더 측정하기 쉽고 신뢰할 수 있는 교합력 측정기를 사용하고자 하여 Denbotics사(Korea)에서 strain gauge와 load cell을 이용하여 자체 개발한 편측 교합력 측정기와 또 다른 방법으로 pressure sensitive film을 이용하는 Fuji Film사(Japan)의 Dental Prescale System^{22,25,31,32,34)}을 사용하여 서로 다른 측정방법에 의한 최대교합력을 평가해보고자 하였다. 교합력 측정에는 약간 거리가 변수로 작용하는데 일부 연구에서는 교두감합위(intercuspal position)로 거의 도달할 때 최대교합력을 낸다고³⁸⁾ 하였고 근활성도 연구에서는 구치부에서 9~20mm의 개구 시 최대교합력을 낸다고 하였다.^{21,16)} Denbotics사의 편측 교합력 측정기는 교합부위(biting site)를 물면 상하악간에 6mm정도의 간격이 형성되어 수직고경의 증가가 있는 상태에서 구치부 개개 치아의 최대교합력을 측정하는 방법이며, Dental Prescale System은 측정기구의 두께로 인한 수직고경의 증가가 없이 자연 교합상태에서 양측 교합력을 측정할 수 있는 간단한 방법이다.

지금까지 임플란트의 저작 기능에 대한 연구들이 대부분 수복 보철물의 유형에 따른 교합력에 대해 시행되어 왔으나 측정 방법에 따른 최대교합력의 변이차가 컸으며 자연치와 임플란트 지지 고정성 보철물의 장기간의 사용에 따른 비교에 대해서는 보고된 바가 적고 임플란트의 종류에 따른 최대교합력의 평가도 부족한 편이다. 이에 본 연구에서는 임플란트가 자연치의 대체물로서 저작기능을 충분히 행할 수 있는지 알아보기 위하여 최근 10년간 기능 중인 Brånemark 임플란트와 ITI 임플란트를 대상으로 다음과 같은 연구를 시행하였다.

저작기능 시와 유사한 상황을 만들기 위하여 수직고경의 증가 유무에 따라 구분해서 구강 내 교합력 측정기의 transducer를 위치시켜 구치부에서 약간 거리가 6mm 정도일 때와 최대 교두감합(maximum intercuspation) 상태일 때를 측정하여 동일인에서 임플란트 지지 고정성 보철물과 자연치의 최대교합력을 비교하였으며 임플란트의 종류, 기능 기간, 직경차이에 따른 최대교합력과 단일 임플란트와 연결고정(splinting) 임플란트의 최대교합력을 비교 분석하였다.

II. 연구 대상 및 연구 방법

1. 연구 대상

가. 환자

연구 대상으로 한 환자는 상하악 중 구치부 편측에 임플란트를 이용한 고정성 보철물을 장착하고 정기적 검사를 받고 있는 남녀 59명으로 32명의 여성과 27명의 남성이었으며 평균나이는 55세(33세~78세)였다.(Table I)

임플란트 보철물의 기능 기간은 1주일에서 10년 4개월 사이였다. 임플란트 보철물의 장착이후 기간별로 6군으로 나누었는데 I군은 기능기간이 6개월 미만인 군이고 II군은 6개월 이상에서 12개월 미만, III군은 1년 이상에서 2년 미만, IV군은 2년 이상에서 3년 미만, V군은 3년 이상에서 4년 미만, VI군은 4년 이상으로 구분했다.(Table II)

동일 악궁에서 한쪽은 임플란트 보철물을 장착하고 반대쪽은 자연치열이고, 대합치도 의치를 사용하지 않는 자연치열인 환자들을 대상으로 하였다.

나. 임플란트

총 131개의 임플란트로 80개의 Brånemark 임플란트와 51개의 ITI 임플란트를 대상(Table III)으로 하였으며 임플란트의 평균 직경은 4.6mm, 평균 길이는 12.1mm였다. 임플란트 보철물의 대합치는 자연치열이거나 자연치열을 연결한 고정성 보철물 그리고 임플란트 보철물인 것을 연구 대상으로 하였으며 대합치가 임플란트 보철물인 경우는 1개였다.

Table I. Distribution of age and sex in patients

Age Group(year)	Male	Female
31-40	-	3
41-50	8	12
51-60	6	12
61-70	7	4
71-80	6	1
Total	27	32

Table II. Distribution of loaded implants with groups in patients

Group	Functional periods	Pt No	1st PM		2nd PM		1st M		2nd M		Implant No
			Mx	Mn	Mx	Mn	Mx	Mn	Mx	Mn	
I	1week-6months	11	1		2	3	2	9	2	8	27
II	6-12months	11	1		3	2	3	5	2	5	21
III	1-2years	9	1		1		2	6	2	6	18
IV	2-3years	8		1	2		3	4	2	5	17
V	3-4years	10	1		2	3	1	9		7	23
VI	4-11years	10	1		1	3	3	8		9	25
Total		59		6		22		55		48	131

Pt No: Number of patients

Implant No: Number of implants

1st PM: 1st Premolar 2nd PM: 2nd Premolar

1st M: 1st Molar 2nd M: 2nd Molar

Mx: Maxilla

Mn: Mandible

Table III. Distribution of Brånemark implants and ITI implants

Implant Type	1st Premolar		2nd Premolar		1st Molar		2nd Molar		Total
	Mx	Mn	Mx	Mn	Mx	Mn	Mx	Mn	
Brånemark	3	1	8	6	7	25	5	25	80
ITI	2		3	5	7	16	3	15	51
Total	5	1	11	11	14	41	8	40	131

Mx: maxilla Mn: mandible

다. 보철물

연구 대상 보철물은 모두 착탈이 가능한 유형으로 나사로 고정되는 임플란트 지지 보철물과 시멘트 장착형 임플란트 보철물이었다. 임플란트 보철물은 임플란트를 이용한 단일 전장금관, 단일 도재관과 임플란트와 임플란트가 연결되는 고정성 보철물로 임플란트 상부 보철물의 금속재료는 제 3형 금합금 또는 도재용 금합금이었고 교합면의 재료는 금합금이거나 도재였다.

2. 연구 방법

가. 편측 교합력 측정기를 이용한 최대교합력

편측 최대교합력의 측정은 Denbotics사(Seoul, Korea)에서 제작한 교합력 측정기와 프로그램을 사용하였다.(Fig. 1) 편측 교합력 측정기는 strain gauge와 load cell을 이용한 것으로 교합부위(biting site)를 물어서 발생된 힘이 strain gauge로 전달되어

load cell에서 감지되고, digital indicator와 컴퓨터상에 연결되어 측정수치가 나타나며 컴퓨터 프로그램 상에는 최대수치만 기록된다.

편측 교합력 측정기구의 교합부위(biting site)는 동일한 2개의 금속판으로 구성되어 있으며 폭은 가로 세로 7mm×9mm, 두께는 2mm이고 금속판 사이에 1mm 정도의 공간이 있다. 치아와 임플란트 보철물을 보호하기 위하여 1mm 두께의 양면접착테이프를 교합부위 양면에 접착시켰다. 측정기구의 교합부위를 물 때 상하악 치아간의 수직 교경은 6mm였다.

편측 교합력 측정기구를 구강 내 측정하고자 하는 치아의 교합면에 위치시켜 최대교합력으로 물게 하였으며 이 때 상악 교합면과 하악 교합면을 같은 위치와 방향으로 유도하여 힘이 치아와 임플란트의 장축 방향으로 발생하도록 하였다. 최대교합력은 임플란트 보철물과 동일 악궁 반대쪽 자연치에서 각각 3번 측정하여 평균을 계산하였다. 측정단위는 N이었다.

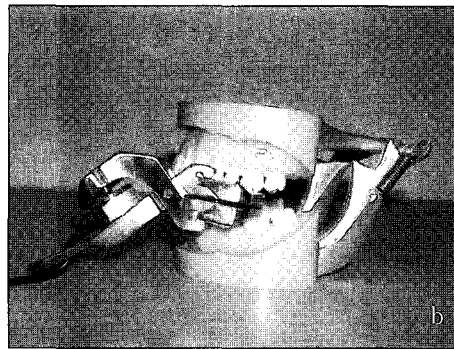
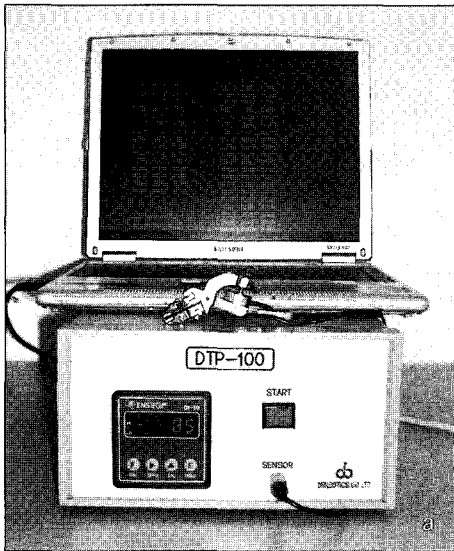


Fig. 1. Customized bite force recorder(Denbotics Co. Korea).

- (a) Overall view of bite force recorder
- (b) Lateral view of transducer

나. 양측 교합력 측정기(Dental Prescale System)를 이용한 최대교합력

Dental Prescale System(Fuji Film Co. Tokyo, Japan)은 98 μ m 두께의 압력을 인기하는 필름(Dental Prescale 50H)과 필름을 스캔하는 Occluzer FPD로 구성되어 있다. 필름 내에는 염료를 포함한 microcapsule들이 있어서 필름을 상악악 악궁사이에 넣고 물면 교합접촉 부위가 빨간색으로 표시되고 색의 변화정도를 측정하여 교합력을 계산한다. 필름은 R-type과 wax type이 있는데 교합력을 더 민감하게 감지하는 R-type(Fig. 2)을 사용하였다.

말굽 모양의 R-type 필름을 상악 정중부에 맞춰서 상악악 악궁사이에 위치시키고 딱 물게 한 후 꺼내서 빨간색으로 표시된 교합접촉 부위를 Occluzer FPD로 스캔하여 컴퓨터 프로그램 상에서 최대교합력을 분석하였다.

임플란트 보철물의 교합접촉 부위의 교합력과 반대측 자연치의 교합접촉 부위의 교합력을 계산하고 전치부를 제외한 제1소구치에서 제2대구치까지의 구치부의 총교합력과 좌우 양측 구치부의 편측 교합력을 측정하였다. 측정단위는 N이었다.

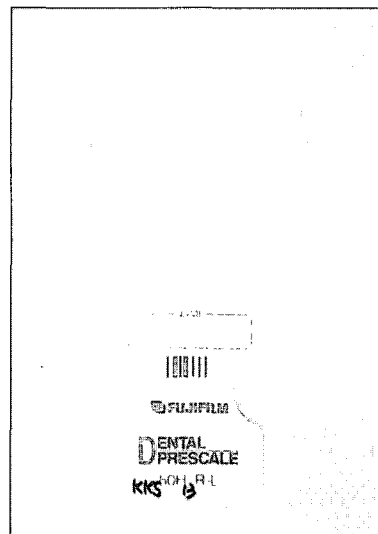


Fig. 2. Dental Prescale 50H R-type sheet. The sheet has a thickness of 98 μ m, contains a layer of microcapsules of various sizes containing dye and developer layer.

다. 통계학적 분석

조사된 실험 결과에서 최대교합력의 평균과 표준편차는 Student's t-test를 이용하여 구하고 각각에 대해 Two sample t-test와 Wilcoxon signed rank sum test를 실시하였다. 성별과 연령별 최대교합력 비교는 비모수 signed rank test를 실시하였고 편측 교합력 측정기와 양측 교합력 측정기(Dental Prescale System)로 측정된 최대교합력의 상관관계는 Pearson correlation test를 이용하였다.

III. 결 과

1. 최대교합력

가. 치아부위별 비교

임플란트 보철물과 대조군 자연치의 치아부위별 최대교합력 분포를 보면 제1소구치에서 제2대구치로 갈수록 최대교합력이 점점 커지는 양상을 보였다.(Table IV)

임플란트 보철물과 자연치의 비교에서 편측 교합력 측정기의 최대교합력은 임플란트 보철물이 자연치보다 약간씩 높으나 유의성은 없었으며 Dental Prescale System의 최대교합력은 자연치가 임플란트 보철물보다 높았으나 유의성은 없었다. 부위를 무시하고 임플란트 보철물과 자연치에서 비교한 경우에도 최대교합력에서는 유의성 있는 차이는 보이지 않았다.

편측 최대교합력 측정기로 측정한 최대교합력은 양측 교합력 측정기(Dental Prescale System)로 측정한 최대교합력보다 유의성 있게 높았다.(P<0.0001)

나. 임플란트 종류별 비교

Brånemark 임플란트 보철물과 ITI 임플란트 보철물로 구분하여 최대교합력을 비교하였다(Fig. 3). Brånemark 임플란트 보철물과 ITI 임플란트 보철물에서의 편측 최대교합력과 Prescale 최대교합력의 비교에서는 유의성 있는 차이를 보이지 않았다.

Brånemark 임플란트 보철물과 ITI 임플란트 보철물에서 측정 기구에 의한 편측 최대교합력

은 Prescale 최대교합력보다 유의성 있게 높았다.(P<0.0001)

다. 기능 기간별 비교

기능 기간에 따라 최대교합력 비교 시 자연치는 유의성 있는 차이가 없었으며 임플란트 보철물은 편측 최대교합력의 경우 기능 기간이 6개월 이상인 군들에서, Prescale 최대교합력의 경우는 1년 이상인 군들에서 유의성 있는 차이는 없었다.(Fig. 4) 임플란트 보철물의 최대교합력 비교를 보면 편측 최대교합력은 6개월 미만인군이 6개월 이상인 군들에 비해 최대교합력이 낮았으며(P<0.05) 6개월 이상인 다른 군들에서는 차이가 없었다. Prescale 최대교합력 비교에서는 1년 미만인 군들은 차이가 없었으나 1년 이상인 다른 군들과 비교 시 교합력이 낮았으며(P<0.05) 1년 이상인 다른 군들 사이에서는 차이가 없었다.

편측 최대교합력 측정기로 측정한 편측 최대교합력은 양측 교합력 측정기(Dental Prescale System)로 측정한 Prescale 최대교합력보다 유의성 있게 높았다.(P<0.0001)

라. 임플란트 직경별 비교

대구치 부위에 식립된 임플란트의 직경을 regular diameter와 wide diameter로 구분하여 최대교합력을 비교하였다.(Fig. 5) 편측 최대교합력에서는 wide diameter의 임플란트 보철물이 regular diameter의 임플란트 보철물보다 큰 수치를 보이거나 유의성은 없었으며, Prescale 최대교합력은 wide diameter의 임플란트 보철물이 regular diameter의 임플란트 보철물보다 높았다.(P<0.05)

Table IV. Unilateral maximum occlusal force and Prescale maximum occlusal force in area(Mean±SD)

Area	N	Unilateral maximum occlusal force(N)		Prescale maximum occlusal force(N)	
		Implant	Control teeth	Implant	Control teeth
1st PM	6	148±50	110±35	17±6	26±23
2nd PM	22	155±78	154±75	42±21	68±36
1st M	55	186±74	176±73	79±70	92±84
2nd M	48	206±86	198±85	133±94	134±93
Total	131	186±80	177±81	99±87	119±88

1st PM: 1st Premolar, 2nd PM: 2nd Premolar, 1st M: 1st Molar, 2nd M: 2nd Molar

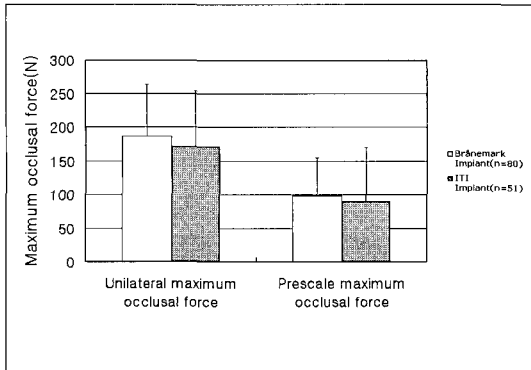


Fig. 3. Unilateral maximum occlusal force and Prescale maximum occlusal force by implant type.

Regular diameter와 wide diameter 임플란트 보철물에서 측정 기구에 의한 편측 최대교합력은 Prescale 최대교합력보다 유의성 있게 높았다. ($P < 0.0001$)

마. 단일 임플란트와 임플란트 연결고정(splinting) 보철물의 비교

단일 임플란트 보철물과 임플란트를 연결고정(splinting)한 임플란트 보철물에서 편측 최대교합력은 유의성 있는 차이는 보이지 않았으며 Prescale 최대교합력에서도 유의성 있는 차이를 보이지 않았

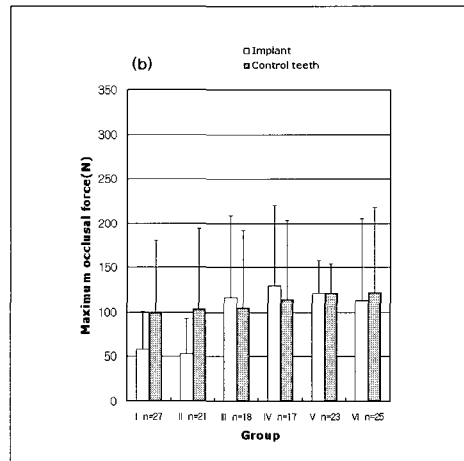
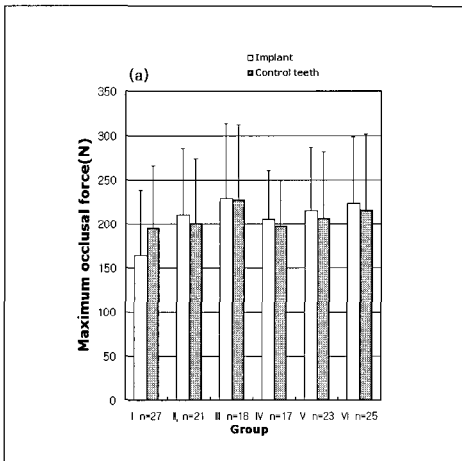


Fig. 4. (a) Unilateral maximum occlusal force and (b) Prescale maximum occlusal force in groups by functional periods.

Group I : 1week-6months

Group II : 6-12months

Group III : 1-2 years

Group IV : 2-3 years

Group V : 3-4 years

Group VI : 4-11years

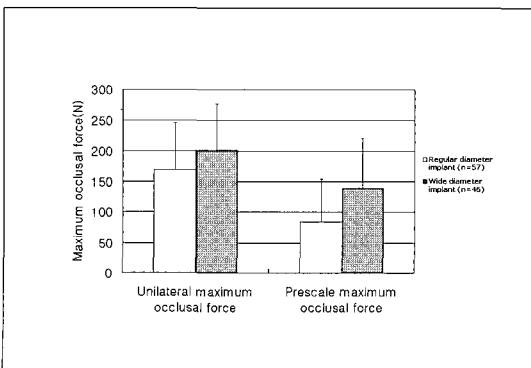


Fig. 5. Unilateral maximum occlusal force and Prescale maximum occlusal force by implant diameter.

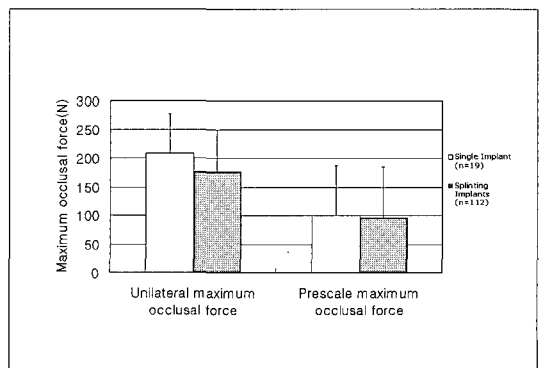


Fig. 6. Unilateral maximum occlusal force and Prescale maximum occlusal force of single implant and splinting implants.

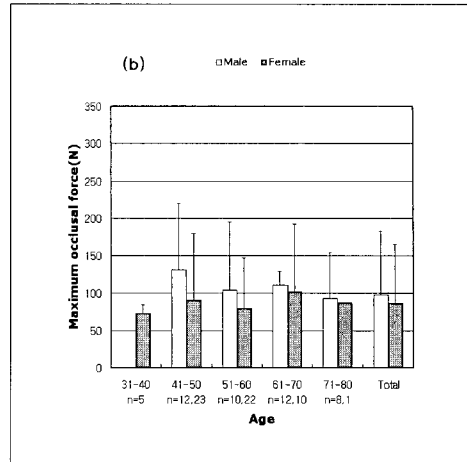
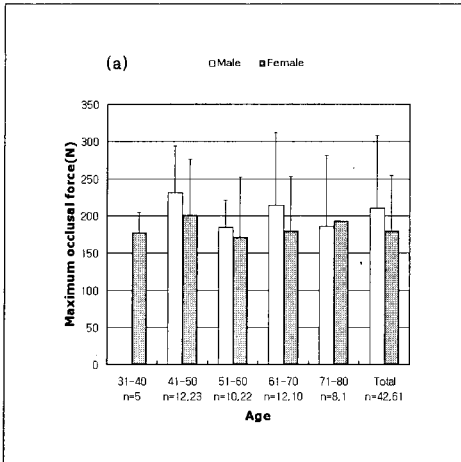


Fig. 7. (a) Unilateral maximum occlusal force and (b) Prescale maximum occlusal force by gender and age in molar implants.

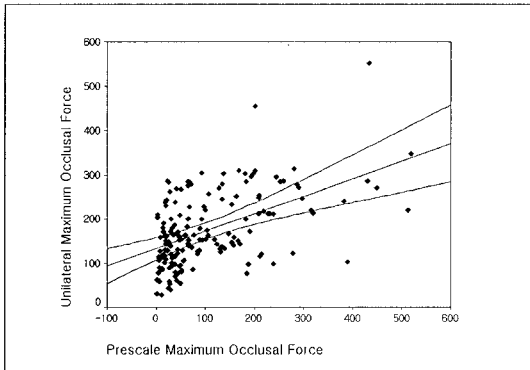


Fig. 8. Relation between maximum occlusal force measured by unilateral bite force recorder and dental prescale system.

다.(Fig. 6) 단일 임플란트와 임플란트 연결고정 (splinting) 보철물에서 측정 기구에 의한 편측 최대 교합력은 Prescale 최대교합력보다 유의성 있게 높았다.($P<0.0001$)

바. 성별 및 연령별 비교

남여, 연령별로 보았을 때 대구치부위의 편측 최대 교합력과 Prescale 최대교합력에는 유의성 있는 차이가 없었다.(Fig. 7)

사. 편측 교합력 측정기와 양측 교합력 측정기 (Dental Prescale System)로 측정된 최대교합력의 상관 관계 분석

편측 교합력 측정기로 측정된 최대교합력과 양측 교합력 측정기(Dental Prescale System)로 측정된 최대교합력은 차이가 있었으며($P<0.0001$) 상관관계 분석에서는 $r=0.52$ 로 양성 상관관계를 나타냈다. ($P<0.05$, Fig. 8)

Ⅳ. 고 찰

현재 치과용 임플란트는 무치악이나 부분무치악인 경우에 기능성을 회복할 수 있는 가장 이상적인 치료방법으로 인정받고 있으며 여러 연구에서 자연치와 비교하여 임플란트의 저작기능이 연구되고 있다. 저작기능의 평가로는 객관적인 지표로 교합력을 측정하며³⁴⁾ 저작근의 영향을 보기 위해 근활성을 같이 측정한다. 이에 본 연구에서는 자연치와 비교하여 임플란트 보철물의 최대교합력을 측정하였다.

이 연구에서 대조군 자연치와, 임플란트 보철물과 대조군의 대합치는 치주적으로 건강한 치아를 선택하였는데 이는 치주치료가 보존치료가 최대교합력에 미치는 영향을 배제하기 위함이었다. 실제로 Kampe 등¹⁵⁾은 건강한 젊은 연령층의 최대교합력을

비교했을 때 치아의 보존치료는 최대교합력을 저하시킨다고 하였다. 본 연구에서 임플란트 보철물의 대합치가 임플란트 보철물인 경우는 1개가 있었으며 반대측 자연치간의 최대교합력보다 컸으나 통계적인 유의성이 없었으며 향후 임플란트 보철물간의 교합관계에 대해서도 연구가 필요하리라 생각한다. 그리고 편측 최대교합력을 측정할 때 Widmaln과 Eriksson³²⁾은 상악 소구치의 교합면을 플라스틱 충전재로 덮어서 교합력을 측정하면 측방하중이 치아중심과 장축방향으로 되면서 교합력이 유의성 있게 증가함을 보고하였다. 이는 치아를 보호하고 측정부위의 위치를 안정시키는 효과가 있어 Denbotics사(Korea)의 교합력 측정기를 사용할 때 임플란트와 자연치의 장축 방향으로 힘이 발생하도록 하악을 측방으로 유도하였으며 임플란트 보철물과 범랑질 파절을 방지하도록 완충재를 사용하였다.

자연치열의 최대교합력을 보면 구치부에서의 교합력이 전치부보다 크며 전치는 구치의 교합력의 1/3에 해당한다고 하였는데¹⁷⁾ 이는 치조골의 치근면적에 비례하고 일반적으로 악관절에 가까울수록 강한 힘을 낼 수 있기 때문이다. 또 이러한 교합력은 저작근의 등척성 수축력(isometric contraction)과 치아 지지조직의 저항능력에 의해 결정되는데 근육의 강도에 좌우될 뿐만 아니라 통각 역치, 치아 및 치주질환 그리고 측정기구에 따라 달라지며 정신적인 요소도 영향을 미쳐 통증이나 부상에 대한 우려, 공포 등에 의해 제한될 수 있다.

자연치에서 구치부의 최대교합력은 보통 편측 교합력 측정기구를 이용하여 측정하였으며, 평균 최대교합력은 25~127Kg,³⁶⁾ 77.5~499.5N,¹⁹⁾ 216~740N²⁷⁾로 보고 되었으며 Sasaki 등³⁰⁾은 편측 구치부 교합력이 189±78N, Lundgren과 Laurell은¹⁹⁾ 주로 저작하는 구치부측이 211±77N이라고 하였다. 교합력은 치열의 영향을 받게 되는데 실제로 여러 연구에서 임플란트 보철물과 자연치열, 총의치, 피개의치간의 교합력을 비교하였다. Mericske-stern 등²³⁾은 자연치열의 경우 388N, 임플란트는 210N, 대조군 자연치에서는 244N로 임플란트가 자연치보다는 낮으나 동일 대조군 사이에서는 유의성이 없음을 보고하였다. 본 연구에서는 편측 최대교합력은 임플란트가 186N, 자연치는 177N이었으며 Prescale 최대교합력은 임플란트가 99N, 자연치가 119N으로 임플란트와

대조군 자연치 사이에 유의성 있는 차이가 없었으며 Mericske-stern 등²³⁾의 연구 결과와 일치하였다.

교합력 측정에 있어 다른 연구들과 비교한다는 것은 사용한 기구나 방법의 차이로 인해 논하기 어렵고 실제로 연구마다 다른 수치를 보이고 있는 것이 사실이다. 그러나 공통되는 결과는 임플란트 지지 보철물의 교합력이 가철성 보철물의 경우보다는 크고 자연치열보다는 낮았다. 이는 다른 요소로 설명될 수 있지만 잔존된 치주인대의 양과도 관계가 있는 것으로 사료된다. Haraldsson 등⁸⁾과 Wennström 등³⁷⁾은 교합력 측정 시 보철물의 파괴를 두려워하여 힘을 못주는 경우가 있는데 이와 같은 심리적 요소가 고려되어야 한다고 했고 Mericske-stern 등²⁴⁾은 이와 병행하여 동통에 대한 두려움이나 기존의 부적절한 구강 치열상태가 감소된 교합력에 적응되었을 가능성을 논하면서 최대교합력에는 치주인대의 유무가 중요한 것은 아니라고 했다. 임플란트 보철물과 대조군인 반대편 자연치아가 최대교합력의 차이가 없고 유사한 것은 임플란트 보철물의 대합치인 자연치에 의해 좌우되리라 사료되며, 만일 대합치도 임플란트였다면 최대교합력이 자연치에 비해 높을 것으로 추측되며 이에 대한 연구가 필요하리라 생각한다.

본 연구에서 임플란트 보철물과 대조군 자연치에서 최대교합력의 차이는 없었지만 편측 최대교합력은 임플란트 보철물의 측정값이 다소 높고 Prescale 최대교합력은 다소 낮았으며 편측 최대교합력이 Prescale 최대교합력보다 높게 측정되었다. 교합력 측정에는 약간 거리가 중요한데 Denbotics사(Seoul, Korea)의 편측 교합력 측정기는 수직 교경의 증가가 있는 상태에서 편측 교합력을 측정하였으며 Dental Prescale System은 수직 교경의 증가가 없는 상태에서 양측 교합력을 측정하였는데 Dental Prescale System의 치아부위별 측정값이 낮은 것은 Manns 등²¹⁾의 결과와 일치하였다. Manns 등²¹⁾은 견치의 원심면에서 15~20mm정도 개구될 때 등척성 수축(isometric contraction)동안 교근이 적정 길이상태로 되어 근활성도는 낮으면서 교합력은 최대로 된다고 하였고 소구치에서는 15~25mm, 대구치에서는 9~11mm 개구 시 최대의 교합력을 낸다고 하였다. 그러므로 적정한 개구상태에서의 최대교합력이 개구 없이 최대 교두감합(maximum intercuspation) 때의 교합력보다는 크다는 것이 다른 문헌들에 보고 되었

다.^{7,29)} Dental Prescale System은 수직 고경의 증가 없이 최대 교두감합위(maximum intercuspal position)로 위치하므로 양측 치아의 교합 지지(occlusal support)를 얻으며 폐구근이 수축하기 때문에 높은 최대교합력을 낼 수 있다고³²⁾ 하여 양측 치아의 총 교합력 측정에 주로 사용하였다. 실제로 양측 치아의 총 교합력은 편측 교합력보다 크다고 보고 되며⁷⁾ Dental Prescale System으로 교합력을 측정하여 소구치에서 8~60N, 대구치에서 63~330N임이 보고 되었는데²⁾ 이는 본 연구 결과와 유사하였다. 그리고 Dental Prescale System의 최대교합력에서 임플란트 보철물의 측정값이 자연치보다 다소 낮게 나왔는데, 이는 Dental Prescale System은 교합접촉이 되어야만 교합력을 측정할 수 있으므로 임플란트 보철 치료 시 임플란트에 가해지는 부하를 감소시켜주기 위해서 교합면적을 줄이고 교합접촉을 다소 낮게 형성하여 딱 물때 교합접촉 부위가 적어서 임플란트 보철물의 측정값이 낮은 것으로 사료된다.

편측 교합력 측정기와 양측 교합력 측정기인 Dental Prescale System으로 측정한 최대교합력은 측정값에 있어서는 차이가 있었지만 상관관계는 양성으로 상관관계가 있음을 보였다.

치아부위별 최대교합력을 보면 제1소구치에서 제2대구치로 갈수록 측정값이 커지는 양상을 보였는데 이는 편측 최대교합력이나 Prescale 최대교합력도 유사하므로 제2대구치가 중심교합 시 가장 높은 교합력이 발생하는 것을 알 수 있었다.²²⁾

연령과 교합력의 상관관계에 있어 자연치열의 경우 25세까지는 남녀 모두 증가하지만 여성은 그 이후 감소하고 남성은 45세까지 정적인 변화를 보이다가 그 이후 감소하는데³⁾ 그 이유는 일반적으로 저작근의 강도, 밀도, 단면적의 감소에 의한 것으로 보고 되고 있다.^{17,34)} 본 연구에서는 연령과 성별에 따른 편측 최대교합력과 Prescale 최대교합력, 좌우 양측의 총교합력, 편측의 총교합력은 통계적으로 유의성이 없는 것으로 나타났고 임플란트 보철물이 6개월 이상 기능한 이후의 시간에 따른 변화에 대해서도 유의성 있는 변화를 보이지 않았다. 정 등¹⁴⁾의 연구에서도 임플란트 보철물과 대조군 자연치의 최대교합력 비교 시 기능 기간이 6개월 이하에서는 임플란트 보철물이 자연치에 비해 낮았으나 그 이후 기간에서는 교합력이 증가하여 자연치와 유의성 있는 차이는

없었고 연령과도 유의성 있는 관계가 없었다고 하여 본 연구 결과와 일치하였다.

Lindqvist 등¹⁸⁾은 무치악을 임플란트 지지 고정성 보철물로 바꾼 후 2개월과 3년에서 저작능률과 교합력을 측정하여 2개월과 3년에서 유의성 있게 교합력이 증가하였다고 보고하였고 Jemt 등¹¹⁾도 무치악을 임플란트 지지 고정성 보철물로 바꾼 후 1주, 3개월, 1년에서 교합력을 측정하여 1년에서 구치부 교합력이 증가하였다고 하였는데 그 이유는 새로운 보철물의 점차적인 적응과 심리적인 요소도 작용했다고 주장했다. Haraldsson 등¹⁰⁾은 무치악을 임플란트 지지 피개의치로 바꾼 후 2개월, 1년 후에 최대교합력을 비교 측정하여 유의성 있는 증가를 보고하였는데 이 역시 보철물에 대한 적응과 심리적인 영향을 주원인이라고 제시하였다. 무치악에 비해 임플란트의 최대교합력이 큰 것은 임플란트 주위에 잔존되어 있는 치주인대 수용체와 임플란트 주위 골막 기계수용체의 영향이 중요한 요소가 되지만 기능 이후 시간에 따른 교합력의 개선은 임플란트 보철물에 대한 환자의 주관적인 요소와 저작근 등 주위 조직의 적응 때문이라고 할 수 있다. 그리고 임플란트를 식립 후 3개월, 6개월, 12개월, 18개월에서 임플란트 주위 골을 조직학적으로 연구한 결과 18개월까지 임플란트 주위 골이 하중에 저항할 수 있는 치밀골(dense bone)로 골개조(remodeling)된다고⁶⁾ 하였으므로 이 또한 임플란트의 기능 기간에 따른 교합력 변화에 영향을 주리라 생각한다.

본 연구에서는 가장 많이 사용되었고 신뢰성 있는 임플란트인 Brånemark 임플란트와 ITI 임플란트를 대상으로 최대교합력을 측정한 바 임플란트 종류에 따른 최대교합력의 차이는 없었다. Brånemark 임플란트와 ITI 임플란트는 external type과 internal type으로 구조적인 차이를 가지나 최대교합력에는 영향을 미치지 않았다. 단일 임플란트 보철물과 2개 이상의 임플란트를 연결고정(splinting)한 보철물의 최대교합력 비교에서는 단일 임플란트 보철물이 높은 경향을 보이나 유의성 있는 차이는 없었는데 단일 임플란트 보철물인 경우는 주로 임플란트의 직경도 큰 것을 사용하고 단일 임플란트를 식립한 환자의 연령도 젊은 층이 많았기 때문에 최대교합력이 높게 측정될 수 있다고 생각한다. 임플란트 직경에 따른 비교에서 wide diameter 임플란트 보

철물의 최대교합력이 높게 나왔는데 편측 최대교합력은 유의성이 없었으며 Prescale 최대교합력은 직경에 따라 유의성 있는 차이가 있었다. Prescale 최대교합력은 교합접촉 부위의 감소로 인한 것으로 보이며 임플란트의 직경이 크면 임플란트 면적이 커지므로 그에 비례하여 최대교합력이 높아질 것으로 생각한다.

본 연구에서 임플란트 보철물과 자연치에서의 편측 교합력 측정기와 양측 교합력 측정기(Dental Prescale System)를 이용하여 측정된 편측 최대교합력과 Prescale 최대교합력을 비교하여 보았는데 편측 최대교합력과 Prescale 최대교합력은 측정값에 있어서는 차이가 있었지만 상관관계가 있었으며, 동일인에서 임플란트 보철물과 자연치의 편측 최대교합력과 Prescale 최대교합력의 차이는 없는 것으로 나타났다. 성별, 연령, 임플란트의 종류, 단일 임플란트와 임플란트 연결고정(splinting) 보철물에 따른 차이는 없었고 임플란트의 직경에 따른 차이는 Prescale 최대교합력에서만 나타났다. 그리고 기능 기간에 따른 교합력은 6개월과 12개월을 전후로 하여 유의하게 개선되는 것으로 나타났다. 그러나 임플란트의 존재에 따른 변화에 대해서는 동일인에서 일정 기간 후의 장기간의 비교 연구와 다양한 연령의 환자들을 대상으로 좀 더 많은 연구가 필요하리라 사료된다.

V. 결 론

임플란트 보철물과 동일 악궁의 반대측 자연치에서의 편측 최대교합력과 Prescale 최대교합력을 비교하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 편측 교합력 측정기로 측정된 최대교합력은 임플란트 보철물이 $186 \pm 80N$, 대조군 자연치는 $177 \pm 81N$ 이었고, 양측 교합력 측정기(Dental Prescale System)로 측정된 최대교합력은 임플란트 보철물이 $99 \pm 87N$, 대조군 자연치가 $119 \pm 88N$ 이었으며 두 가지 측정 방법으로 측정된 구치부의 임플란트 보철물과 자연치의 최대교합력은 유의성 있는 차이가 없었다.
2. 임플란트 종류에 따른 편측 최대교합력과 Prescale 최대교합력 비교 시 Brånemark 임플란트와 ITT 임플란트 사이에는 유의성 있는 차이는 없었다.

3. 기능 기간에 따른 최대교합력의 비교 시 임플란트 보철물의 편측 최대교합력은 6개월 이상에서, Prescale 최대교합력은 1년 이상에서 최대교합력이 증가했으며($P < 0.05$) 편측 최대교합력은 6개월 이후, Prescale 최대교합력은 1년 이후 유의성 있는 변화가 없었다.
4. 임플란트 직경에 따른 최대교합력 비교 시 편측 최대교합력은 유의한 차이가 없었으나 Prescale 최대교합력에서는 wide diameter의 임플란트 보철물이 regular diameter의 임플란트 보철물보다 높았다($P < 0.05$).
5. 단일 임플란트와 2개 이상의 임플란트를 연결고정(splinting)한 보철물의 최대교합력 비교 시 편측 최대교합력과 Prescale 최대교합력 모두 유의성 있는 차이는 없었다.
6. 성별, 연령에 따른 편측 최대교합력과 Prescale 최대교합력 비교 시 유의성 있는 차이는 없었다.
7. 편측 교합력 측정기와 양측 교합력 측정기(Dental Prescale System)로 측정된 최대교합력에서 측정값은 차이가 있었으며($P < 0.0001$), 양성 상관관계를 나타냈다($r = 0.52$, $P < 0.05$).

이상의 결과로 볼 때 임플란트 보철물의 최대교합력은 편측에서 최대교합력으로 물 때와 최대 교두감합위(maximum intercuspal position)에서 자연치와 유사하였으며, 또한 장기간 기능 시에도 임플란트 보철물과 자연치의 최대교합력이 유사하였다. 그러므로 임플란트 보철물이 자연치의 저작기능을 거의 정상적으로 회복할 수 있으리라 사료되었다.

참고문헌

1. Baba K, Clark GT, Watanabe T, Ohyama T. Bruxism force detection by a piezoelectric film-based recording device in sleeping humans. J Orofacial Pain 2003;17:58-64.
2. Baba K, Tsukiyama Y, Clark GT. Reliability, validity and utility of various occlusal measurement methods and techniques. J Prosthet Dent 2000;83:83-89.
3. Bakke M, Holm B, Jensen BL, Michler L, Moller E. Unilateral isometric bite force in 8-68 year-old woman and men related

- to occlusal factors. *Scand J Dent Res* 1990;98:149-158.
4. Duyck J, Oosterwyck VH, Sloten VJ, Cooman M, Puers R, Naert I. Magnitude and distribution of occlusal forces on oral implants supporting fixed prostheses an *in vivo* study. *Clin Oral Impl Res* 2000; 11:465-475.
 5. Fløystrand F, Kleven E, Øilo G. A novel miniature bite force recorder and its clinical application. *Acta Odontol Scand* 1982;40:209-214.
 6. Grizon F, Auado E, Hure G, Basle MF, Chappard D. Enhanced bone integration of implants with increased surface roughness: a long term study in sheep. *J Dent* 2002; 30:195-203.
 7. Hagberg C. Assessments of bite force a review. *J Craniomand Disord Facial Oral Pain* 1987;1:162-169.
 8. Haraldsson T, Carlsson GE. Bite force and oral function in patients with osseointegrated oral implants. *Scand J Dent Res* 1997;85:200-208.
 9. Haraldsson T, Carlsson GE, Ingervall B. Functional state, bite force and postural muscle activity in patient with osseointegrated oral implant bridges. *Acta Odontol Scand* 1979;37:195-206.
 10. Haraldsson T, Zarb GA. A 10-year follow-up study of the masticatory system after treatment with osseointegrated implant bridges. *Scand J Dent Res* 1988;96:243-252.
 11. Jemt T, Book K, Karlsson S. Occlusal force and mandibular movements in patients with removable overdentures and fixed prostheses supported by implants in the maxilla. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1993; 8:301-307.
 12. Jemt T, Carlsson GE. Aspects of mastication with bridges on osseointegrated implants. *Scand J Dent Res* 1986;94:66-71.
 13. Jemt T, Lekholm U, Adell R. Osseointegrated implants in the treatment of partially edentulous patients: A preliminary study on 876 consecutively placed fixtures. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1989;4:211-217.
 14. Jung BY, Han DH. Occlusal force and oral tactile sensibility measured in partially edentulous patients with Brånemark implants and natural teeth: A clinical study. *J Korean Acad Prosthodont* 1999;37:23-41.
 15. Kamp T, Haradsson T, Hannerz H, Carlsson GE. Occlusal perception and bite force in young subjects with and without dental fillings. *Acta Odontol Scand* 1987;45:101-107.
 16. Lindauer SG, Gay T, Rendell J. Effect of Jaw opening on masticatory muscle EMG-force characteristics. *J Dent Res* 1993; 72:51-55.
 17. Linderholm H, Wennström A. Isometric bite force and its relation to general muscle force and body build. *Acta Odontol Scand* 1970; 28:679-689.
 18. Lindqvist LW, Carlsson GE. Long-term effects on chewing with mandibular fixed prostheses on osseointegrated implants. *Acta Odontol Scand* 1985;43:39-45.
 19. Lundgren D, Lurell L. Occlusal force pattern during chewing and biting in dentitions restored with fixed bridge of cross-arch extension. *J Oral Rehabil* 1986;13:57-71.
 20. Lundqvist S, Haraldson T. Oral function in patients wearing fixed prosthesis on osseointegrated implants in the maxilla. *Scand J Dent Res* 1990;98:544-549.
 21. Manns A, Miralles R, Palazzi C. EMG, bite force and elongation of the masseter muscle under isometric voluntary contraction and variations of vertical dimension. *J Prosthet Dent* 1979;42:674-682.
 22. Matsui Y, Neukam FW, Wichmann M,

- Ohno K. A computerized method for evaluating distribution of occlusal load on implant supported fixed cantilever prostheses. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1996;11:67-72.
23. Mericske-stern R, Assal P, Mericske E. Occlusal force and oral tactile sensibility measured in partially edentulous patient with ITI implant. *Int J Oral Maxillofac implants* 1995;10:345-354.
 24. Mericske-stern R, Hofmann J, Wedig A, Geering AH. Maximal biting force and minimal pressure threshold measured on patients with overdentures supported by implants or natural roots: A comparative study, Part I. *Int J Oral Maxillofac implants* 1993;8:641-649.
 25. Miura H, Watanabe S. Comparison of maximum bite force and dentate status between healthy and frail elderly persons. *J Oral Rehabil* 2001;28:592-595.
 26. Morneburg T, Pröschel P. Measurement of occlusal forces in mastication - a new approach. *J Oral Rehabil* 2000;27:432-460.
 27. Proffit WR, Fields HW. Occlusal force in normal and long-face adults. *J Dent Res* 1983;62:566-570.
 28. Ramfjord SP, Ash MM. Occlusion. 3rd ed. Philadelphia, W.B. Saunders, 1983:128-174.
 29. Richer EJ, Priv-Doz, Dipl-Ing. *In vivo* vertical force on implants. *Int J Oral Maxillofac implants* 1995;10:99-108.
 30. Sasaki K, Hannam AG, Wood WW. Relationships between the size, position, and angulation of human jaw muscles and unilateral first molar bite force. *J Dent Res* 1989;68:499-503.
 31. Shinogaya T, Sodeyama A, Matsumoto M. Bite force and occlusal load distribution in normal complete dentitions of young adults. *Eur J Prosthodont Rest Dent* 1999;7:65-70.
 32. Shinogaya T, Vilmann A, Matsumoto M. Bite force and occlusal load in healthy young subjects. *Eur J Prosthodont Rest Dent* 2000;8:11-15.
 33. Steenberghe D, Vries JH. The development of a maximal clenching force between two antagonistic teeth. *J Periodont Res* 1978;13:91-97.
 34. Tsuga K, Carlsson GE, Osterberg T, Karlsson S. Self-assessed masticatory ability in relation to maximal bite force and dental state in 80-year old subjects. *J Oral Rehabil* 1998;25:117-124.
 35. Tzakis MG, Linden B, Jemt T. Oral function in patient treated with prostheses on Brånemark osseointegrated implants in partially edentulous jaws: A pilot study. *Int J Oral Maxillofac implants* 1990;5:107-111.
 36. Waltimo A, Könönen M. A novel bite force recorder and maximal isometric bite force values for healthy young adult. *Scan J Dent Res* 1993;101:171-175.
 37. Wennström A, Marklund G, Eriksson PO. A clinical investigation of bite force and chewing habits in patient with total maxillary denture and partial mandibular denture. *Swed Dent J* 1972;65:279-284.
 38. Widmaln SE, Ericsson SG. Maximal bite force with centric and eccentric load. *J Oral Rehabil* 1982;9:445-450.

Reprint request to:

Dong-Hoo Han, D.D.S., Ph.D.

Department of Prosthodontics, College of Dentistry, Yonsei University
134, Shinchon-dong, Seodaemoon-gu, Seoul, 120-752, Korea
donghooan@yumc.yonsei.ac.kr

ABSTRACT

COMPARISON OF MAXIMUM OCCLUSAL FORCES ON OSSEOINTEGRATED IMPLANT SUPPORTED FIXED PROSTHESES AND NATURAL TEETH

Young-Sook Kwon, D.D.S., Sun-Hong Hwang, D.D.S., Dong-Hoo Han, D.D.S., M.S.D., Ph.D

Department of Prosthodontics, College of Dentistry, Yonsei University

Purpose: The purpose of this study was to compare the maximum occlusal force implant prostheses to natural teeth.

Material and Method: Fifty nine patients treated either with Brånemark implants and ITI implants during the recent ten years were involved in this study. The maximum occlusal force were measured with unilateral bite force recorder and dental prescale system.

Results:

1. The maximum occlusal forces of the implant prostheses and natural teeth were not significantly different where measured with unilateral bite force recorder and dental prescale system.
2. The maximum occlusal forces were not significantly different between Brånemark implant and ITI implant prostheses.
3. The maximum occlusal forces of the implant prostheses had lower when compared with natural teeth during 1-6 months functional periods when measured with the unilareral bite force recorder($P<0.05$) and 1-12 months functional periods when measured with the dental prescale system($P<0.05$). After these periods there was not statistical significant difference between the implant prostheses and natural teeth.
4. The maximum occlusal forces of the wide diameter implant prostheses were higher than the maximum occlusal forces of the regular diameter implant prostheses when measured with dental prescale system($P<0.05$), but there was no significant difference between the wide diameter and the regular diameter implant prostheses when measured with unilateral bite force recorder.
5. The maximum occlusal forces of the single implant prostheses were not significantly different with the splinting implants prostheses.
6. The maximum occlusal forces of the implant prostheses were not significantly different by age and sex.
7. There was significantly different between maximum occlusal forces measured with unilateral bite force recorder and dental prescale system($P<0.0001$), but there was positive correlation($r=0.52$, $P<0.05$).

Conclusion: The maximum occlusal forces of the implant prostheses were not significantly different to natural teeth during clenching and unilateral maximum biting.

Key words : Implant, Maximum occlusal force