

성견에서 조절된 하중으로
즉시부하된 단일 임플란트의
안정성 평가

연세대학교 대학원
치 의 학 과
김 세 훈

성견에서 조절된 하중으로
즉시부하된 단일 임플란트의
안정성 평가

지도교수 이 근 우

이 논문을 석사 학위논문으로 제출함

2006년 12월 일

연세대학교 대학원

치 의 학 과

김 세 훈

김세훈의 석사 학위논문을 인준함

심사위원_____인

심사위원_____인

심사위원_____인

연세대학교 대학원

2006년 12월 일

감사의 글

이 논문이 완성되기까지 끊임없는 지도와 격려, 세심한 배려를 해주신 이근우 교수님께 진심으로 감사드립니다. 또한 논문 작성과 심사에 귀중한 조언과 격려를 해주신 정승미 교수님, 문홍석 교수님께도 깊은 감사를 드립니다. 항상 따뜻한 관심으로 지도해 주시는 정문규 교수님, 한동후 교수님, 심준성 교수님, 황선홍 교수님, 배은경 교수님, 이재훈 교수님께도 감사드립니다.

결에서 항상 지켜보며 힘이 되어준 동기들과 규영이 형, 지현, 형준이 형 등 보철과 식구들 및 원주 의국원들에게도 감사의 마음을 전합니다.

본 연구의 시작부터 끝까지 끊임없는 지도와 가르침, 격려를 해주신 최병호 교수님께 진심으로 감사드리고, 하루도 쉬지 않고 밤낮없이 같이 실험을 도와준 이경욱 선생님께 무한한 감사를 표합니다. 통계작업에 큰 도움과 힘을 준 윤희에게 고마움을 전합니다.

끝으로 지금까지 형언할 수 없는 사랑과 헌신으로 보살피 주시고 지켜봐 주신 어머니께 진심으로 감사드리며 이 논문을 바칩니다.

2006년 12월

김세훈 드림

차 례

그림 및 표 차례 -----	ii
국문 요약 -----	iv
I. 서론 -----	1
II. 연구 재료 및 방법 -----	4
1. 연구 재료 -----	4
2. 연구 방법 -----	5
1) 마취 -----	5
2) 발치 -----	5
3) 임플란트의 식립 -----	6
4) 보철물의 설계 및 제작 -----	7
5) 부하 -----	8
6) 임상적 평가 -----	9
7) 동요도 조사 -----	9
8) 방사선 사진 촬영 및 분석 -----	9
9) 미세전산화단층 촬영 -----	10
10) 통계 분석 -----	11
III. 연구 결과 -----	12
IV. 총괄 및 고찰 -----	15
V. 결론 -----	19
참고문헌 -----	20
영문요약 -----	26

그림 차례

- Fig 1. Healing state after extraction
a; Maxilla b; Mandible
- Fig 2. Clinical feature after implant placement
a; Maxilla b; Mandible
- Fig 3. Prosthesis design: a; buccal side b; lingual side
- Fig 4. Clinical feature after implant prosthesis
cementation: a; Maxilla b; Mandible
- Fig 5a. Force gauge(Imada Co., Toyohashi, Japan)
- Fig 5b. Schematic drawing of load application
- Fig. 6. ISQ value measurement by Osstell™ mentor
- Fig 7. Resected bone specimens containing the implant
a; Maxilla b; Mandible
- Fig 8. Skyscan 1076[®] micro-CT(SkyScan, Antwerpen,
Belgium)
- Fig 9. Three-dimensional micro-CT showing the bone
(yellow) around the implants(gray)
a; Maxilla b; Mandible
- Fig 10. Three-dimensional micro-CT showing the bone
(yellow) around the implants(gray)(a, c) and the bone

-to-implant contact area(red) around the implant
surface (gray)(b, d): a, b; Maxilla c, d; Mandible

표 차례

Table I. Experimental equipments used in this study

Table II. Experimental schedule

Table III. Experimental outcomes

Table IV. ISQ value

국 문 요 약

성견에서 조절된 하중으로 즉시부하된 단일 임플란트의 안정성 평가

최근 더 빠른 치료와 치유기간 동안의 가철성 장치 사용에 대한 불편감을 줄이기 위해 술 후 즉시부하(immediate loading)를 시도하는 것에 많은 관심과 연구가 진행되었고 높은 성공률을 보고하고 있다. 상악 단일 임플란트에 대해서는 광범위한 연구가 이루어지지 않았으나 최근 연구들에서 상악 단일 임플란트에 임시치관을 즉시 장착하여 높은 성공률을 보여주고 있다. 하지만 대부분의 연구들이 임시치관을 교합되지 않게 하는 "immediate non-functional loading"을 시행하였다. 또, 동물에서의 경우 임플란트 식립 후 보철물 수복을 통하여 기능하게 함으로써 즉시부하를 주는 것은 많은 비조절성 인자들로 인해 한계를 갖고 있다.

그러므로 본 연구의 목적은 성견에서 상, 하악 단일 임플란트에 다른 비조절성 요소를 가능한 한 배제하고 오직 조절된 힘을 직접 가하는 방법으로 즉시부하를 주어 그 영향을 ISQ value, 임플란트의 골접촉면(bone-to-implant contact: BIC)을 통해 평가하였다. 10주간의 즉시부하 후 ISQ 측정과 micro-CT 촬영 및 분석을 통해 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 즉시부하 후 단일 임플란트의 성공률은 상악군에서 66.7%, 하악군에서 100%로 나타났으나 초기고정이 안 좋아 즉시부하를 주기에 부적당한 표본을 제외하면 모두 성공을 나타냈다.
2. 즉시부하 10주 후 평균 ISQ value는 상악군에서 73.5 ± 6.5 , 하악군에서 81.5 ± 1.4 로 임상적으로 안정적 결과를 나타냈고 하악군이 상악군에 비해

유의성 있게 높은 값을 나타냈다. ($p < 0.05$)

3. 식립 직후와 부하 10주 후의 ISQ를 비교하면 모든 개체의 상악군에서 ISQ value가 식립 직후보다 부하 10주 후에 감소하였으나 임상적으로 안정적인 범주 내이고 통계적인 유의성은 없었으며 하악군에서도 유의한 차이가 없었다. ($p > 0.05$)

4. 평균 BIC는 상악군에서 $30.7 \pm 1.7\%$, 하악군에서 $60.0 \pm 5.3\%$ 로 나타났으며 하악군이 상악군에 비해 유의성 있게 큰 값을 나타냈다. ($p < 0.05$)

이상의 결과를 종합해보면 초기고정이 충분하다면 단일 임플란트에서의 즉시부하는 성공적인 결과를 나타낼 수 있을 것이라 예상할 수 있다. 단 상악의 경우 하악에 비하여 더 조심스럽고 주의 깊은 접근이 필요하다. 이에 대한 추가적인 실험과 장기적 추적검사가 필요하리라 생각된다.

핵심되는 말 : 즉시부하, 조절된 부하, 단일 임플란트, ISQ value, 골유착

성견에서 조절된 하중으로 즉시부하된 단일 임플란트의 안정성 평가

<지도교수 이근우>

연세대학교 대학원 치의학과

김세훈

I. 서론

임플란트 치과학에서 골유착을 확실히 하기 위해 일정기간의 방해받지 않는 치유기간이 항상 요구되어왔다. 임플란트 식립 후 부하를 부여하는 데 있어서 전통적인 부하 원칙(conventional loading protocol)은 임플란트 식립 후 12~24주의 치유기간을 둔 후 부여했던 반면, 최근 술 후 즉시 부하(immediate loading)를 부여하는 것에 많은 관심과 연구가 진행되었다. 즉시부하 원칙(immediate loading protocol)은 더 빠른 치료에 대한 요구를 만족시키고 치유기간동안 가철성 장치를 착용해야하는 불편감을 줄이기 위해 시도되어왔다(Schnitman et al. 1997).

많은 연구에서 즉시부하는 특히 하악 무치악의 전치부에서 임플란트가 cross-arch appliance로 연결된 경우 예측가능한 높은 성공률을 나타내었다(Attard&Zarb 2005, Schnitman et al. 1997, Chiapasco et al. 1997, Tarnow et al. 1997, Randow et al. 1999). 또한 splint되지 않은 하악 임플란트와 상악 무치악의 전악 수복물을 지지하는 임플란트의 경우에서도 즉시부하가 높은 성공률을 나타내었다는 보고가 있다(Jaffin et al. 2000, Fischer et al. 2004, Horiuchi et al. 2000).

상악 단일 임플란트의 즉시부하에 대해서는 광범위한 연구가 진행되지 않았었다. 이론적으로 상악의 골 구조는 trabecular 양상이 성기고 단일 치

아 임플란트는 여러 개의 임플란트가 서로 연결되어 있는 경우에 비해 위
해한 힘에 노출될 가능성이 높기 때문에 상악 단일 임플란트의 즉시 부하
는 실패율이 높을 수 있다. 그러나 최근의 연구들은 상악에 단일 임플란트
를 식립한 후 임시치관을 즉시 장착하여 높은 성공률을 보여주고 있다
(Ericsson et al. 2001, Anderson et al. 2002, Wohrle et al. 1998). 하
지만 대부분의 연구들이 임시치관을 즉시 수복하고 중심 또는 비중심 교합
촉이 되지 않게 하는 즉시 비교합성 기능부하(immediate non-occlusal
functional loading)를 시행하고 있다.

이러한 개념은 "즉시 수복물(immediate restoration)" 또는 "즉시 임시수
복(immediate provisionalization)"으로 표현할 수 있다. 최근 논문에서 정
확한 연구결과의 비교를 위해 "immediate loading"이라는 용어는 임플란
트 식립 직후 교합 접촉이 존재하는 보철물을 바로 수복하는 경우에만 사
용되어야 한다고 하였다(Aparicio et al. 2002). Lindeboom 등은 상악 단
일 치아 수복에서 즉시부하(immediate loading)와 즉시 임시수복
(immediate provisionalization)을 비교했을 때 평균 ISQ value, 방사선학
적 골소실, 치은 심미성에서 통계적으로 유의할만한 차이가 없었다고 보고
하였다(Lindeboom et al. 2006).

임플란트의 골접촉면(bone-to-implant contact: BIC)에 관한 연구에서,
성견에서의 한 연구는 지연부하를 가했을 때와 비교하여 즉시부하 시 더
낮은 BIC을 보고하였다(Sagara et al 1993). 반면 Piatelli 등은 원숭이에
서의 동물실험에서 부하를 주지 않은 임플란트보다 즉시부하를 준 임플란
트에서 BIC가 더 높다는 것을 보여주었고 이는 연관된 micromovement가
골형성을 자극하는데 이로운 역할을 한다고 설명될 수 있다(Piatelli et al.
1998).

그러나 동물실험에서 임플란트 식립 후 즉시 보철물을 수복하여 교합하게

함으로써 즉시부하를 주는 방법은 많은 한계점이 있다. 동물의 경우 저작 양상, 주기, 저작력, 가해지는 힘의 방향, 주위 근육의 영향, 섭취 음식의 종류 등이 인간과는 많은 차이를 보이기 때문에 위 방법을 통한 즉시부하의 결과를 인간에게 적용시키기는 무리가 있으며, 환자 교육 등이 불가능하므로 즉시부하에서 중요한 비조절성 결정인자인 환자 요소의 통제가 힘들다.

따라서, 본 연구에서는 성견에서 상, 하악의 단일 임플란트에 force gauge를 사용하여 조절된 힘으로 즉시부하를 가하였을 경우 임플란트의 안정성을 임상적, 방사선학적 검사를 통하여 비교, 평가하고자 하였다.

II. 연구 재료 및 방법

1. 연구 재료

1) 실험동물

체중 15Kg 내외의 갑종 성견 6마리를 대상으로 하였다. 암수 구별 없이 선택하였고 동일 조건 하에서 사육하였으며 건강 상태는 모두 양호하였다. Protocol은 the Animal Care and Use Committee(Yonsei Medical Center, Seoul, Korea)에 의해 승인되었다.

2) 임플란트

길이 10mm, 직경 4.1mm인 RBM처리된 internal type의 임플란트 (AVANA[®] SS II, Osstem, Seoul Korea)를 사용하였다. 식립 후 보철물 제작시 시멘트 유지형의 지대주를 사용하였다.

3) 실험기구

본 연구에 사용된 기구들은 Table I 에 기술하였다.

Table I. Experimental equipments used in this study

Materials	Manufacturers
Force Gauge	Imada Co., Toyohashi, Japan
Osstell [™] mentor	Integration Diagnostics AB, Savedalen, Sweden
SkyScan-1076 [®] micro-CT	SkyScan, Antwerpen, Belgium

Table II. Experimental Schedule

Schedule								
Extraction	▶	Healing periods for 12 weeks	▶	Implantation & Immediate loading	▶	10 weeks	▶	Sacrifice

2. 연구 방법

본 연구에서의 실험 스케줄은 Table II와 같다.

1) 마취

모든 수술 과정에서 Ketamine(Ketara[®], 유한양행, Seoul, Korea) 5mg/kg 와 Xylazine (Rompun[®], Bayer Korea Co., Ansan, Korea) 2mg/kg을 각각 성견의 대퇴부에 근육하여 전신마취 후 수술 부위의 출혈 방지와 동통 억제를 위해 2% Lidocaine(1:100,000 Epinephrine 포함)을 수술 부위에 침윤마취 하였다.

2) 발치

임플란트 식립을 위한 공간 확보를 위하여 성견에서 모든 상, 하악 소구치를 발치겸자를 이용하여 발치하였다. 모든 부위에서 발치 시 잔존치근이 남지 않도록 깨끗이 발치하였다. 발치 후 봉합은 따로 시행하지 않았고 술 후 감염방지를 위해 모든 성견에게 3일간 항생제(Cefazolin[®], 종근당, Seoul, Korea)를 투여하였다. 발치 후 12주의 치유기간을 두었다. 모든 개체에서 발치 후 술 후 감염 없이 발치창이 잘 치유되었다(Fig. 1a, b).

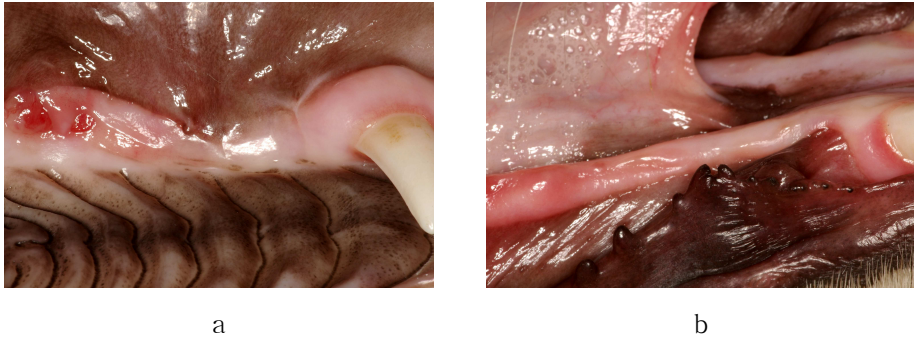


Fig. 1. Healing state after extraction
a. Maxilla b. Mandible

3) 임플란트의 식립

각 악당 1개씩 2개의 임플란트가 식립되었다. 상악에는 우측에, 하악에는 좌측에 식립하여 대합되는 치아가 없게 위치시켰다(Fig. 2a, b).

수술은 발치 시와 동일한 방법으로 마취를 시행하였고 수술방법은 무판막 수술법(flapless surgery)을 사용하였다. 판막의 거상 없이 임플란트 식립 위치의 중앙의 치은에 5mm 넓이의 원형절개 후 임플란트를 식립하였다. 식립 후 지대주를 연결하였다. 수술 후 감염방지를 위해 술 전 1시간 전과 술 후 3일간 항생제(Cefazolin, 종근당, Seoul, Korea)를 투여하였다.

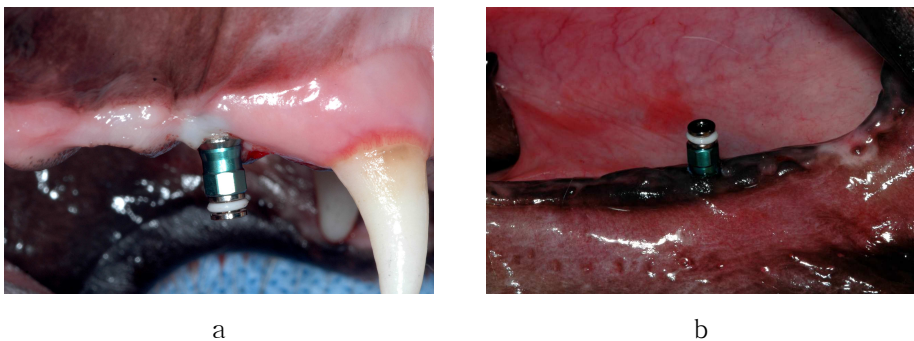


Fig. 2. Clinical feature after implant placement
a. Maxilla b. Mandible

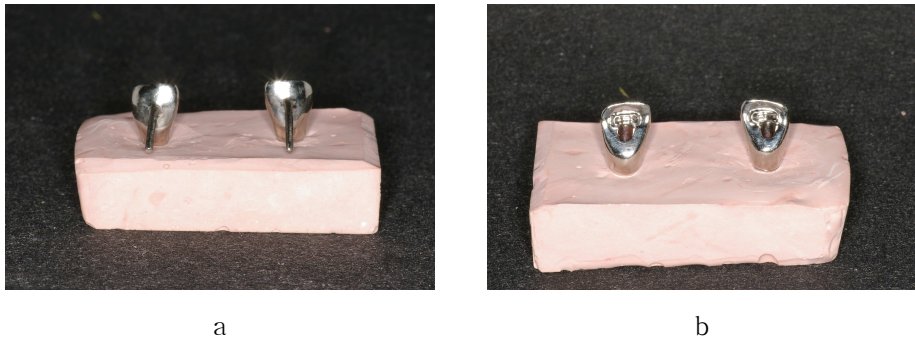


Fig. 3. Prosthesis design. a. Buccal side b. Lingual side

4) 보철물의 설계 및 제작

보철물의 지대주는 시멘트 유지형을 사용하였고 실험 완료 후 쉽게 제거하기 위해 치관을 combination type으로 제작하였다. 치관의 재료는 Co-Cr 합금을 사용하였다. 보철물은 상악 중절치의 형태로 제작하고 부하를 적용하기 위해 보철물 설면의 절단면으로부터 2mm 하방에 notch를 형성하고 순면에 치아 장축으로부터 120도 방향으로 힘이 가해지는 방향을 지시하는 indication pin을 위치시켰다(Fig. 3a, b).

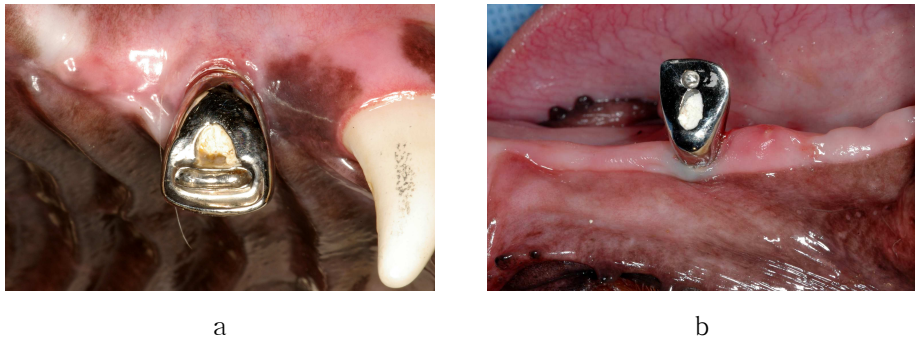


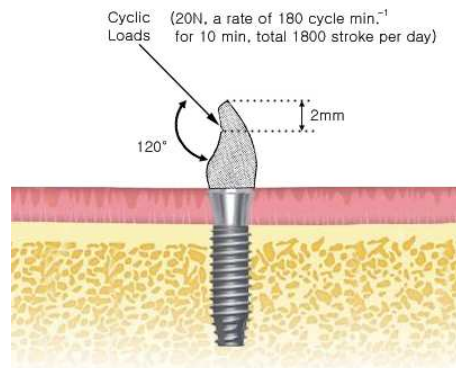
Fig. 4. Clinical feature after implant prosthesis cementation
a. Maxilla b. Mandible

5) 부하

임플란트 식립 즉시 미리 제작된 지대주와 보철물을 연결하고 부하를 주었다. 지대주를 25N의 torque로 나사를 조여 연결하고 보철물은 Tempbond®(Kerr Co., Collins Orange, USA)로 접착되었다(Fig. 4a, b). 본 연구에서의 부하는 상악 전치부를 가정하여 조절된 힘을 보철물에 가하였다. Force gauge(Fig. 5a)로 보철물의 설면에 위치한 절단면 2mm 하방의 notch에 치아 장축으로부터 120도 방향으로 부하를 적용하였다(Fig. 5b). 20N의 힘이 매일 분당 180회의 속도로 10분간, 총 1800 stroke의 반복적 부하(cyclic loads)가 주어졌다(Bates et al. 1975, Graf H. 1969). 주어지는 부하 외의 가능한 다른 힘을 배제하기 위하여 보철물은 최대감합 시와 측방운동 시에도 어떠한 접촉도 없도록 하였으며 대합치는 모두 발치된 상태이고 실험동물에게는 유동식을 주었다. 매일 1회씩 보철물 주위의 치태조절을 시행하였다. 부하는 총 10주간 시행되었다.



a



b

Fig. 5. a. Force gauge(Imada Co., Toyohashi, Japan)
b. Schematic drawing of load application

6) 임상적 평가

임플란트의 동요도, 감염소견, 주목할 만한 변연골 소실, 임플란트 주위의 방사선 투과상이 존재하는 임플란트는 실패로 간주하였다(Smith et al. 1989).

7) 동요도 검사

수술 직후, 부하 후 10주에 Osstell™ mentor로 ISQ value를 측정하였다. 제조자에 의해 추천되는 것과 같이 Osstem 임플란트에 적합한 Smartpeg®를 임플란트 고정체에 연결하였고 ISQ value를 측정, 기록하였다. 측정값의 재현성을 보기 위해 각 측정은 동일 검사자에 의해 3회씩 시행되었다.

8) 방사선 사진 촬영 및 분석

임플란트 식립 직후와 부하 후 10주에 구내 치근단 방사선 사진을 촬영하였다(Fig. 6). 얻어진 방사선 사진은 각 임플란트의 성공, 실패의 분석에 사용되었다.

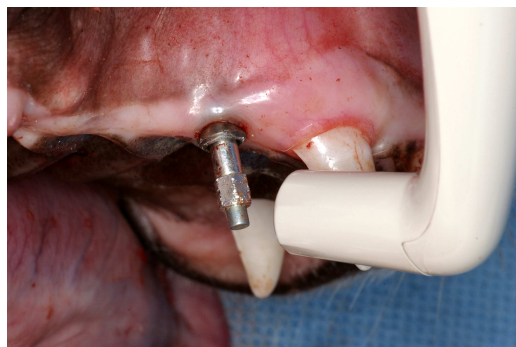


Fig. 6. ISQ value measurement by Osstell™ mentor

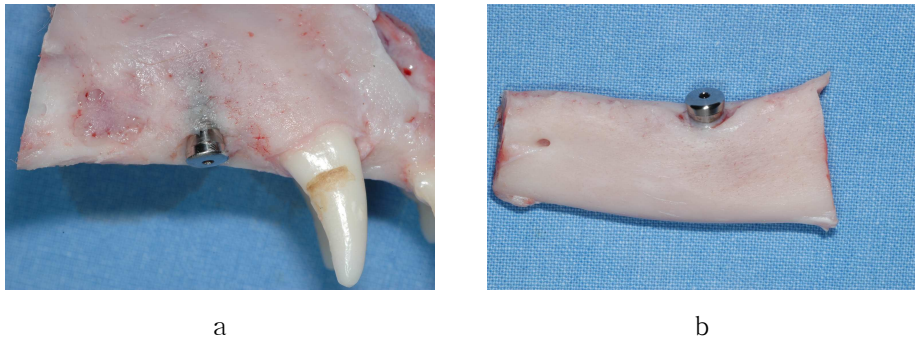


Fig. 7. Resected bone specimens containing the implant
 a. Maxilla b. Mandible

9) 미세 전산화단층촬영(Micro-computed tomography)

부하 10주 후 모든 실험동물은 희생되었고 골편 채취를 위해 임플란트가 식립된 상, 하악골의 절제를 시행하였다(Fig. 7a, b). 희생된 동물에서 절제한 임플란트를 포함한 골조직은 10% buffered formalin 용액에 48시간 동안 고정되었고, 그 후 70% ethanol에 보관하였다.

미세 전산화단층촬영(micro-CT)(Skyscan 1076[®], SkyScan, Antwerpen, Belgium)이 임플란트 주위의 골접촉면(bone-to-implant contact: BIC)을 평가하는데 사용되었다(Fig. 8). 매 18 μ m boxel size로 미세단층편(micro-tomographic slices)을 얻고 각 임플란트의 trace를 축적하여 computerized 3D reconstruction을 수행하였다(Akagawa et al. 1992). 이 방법은 임플란트의 골유착을 정확히 분석하기 위해 최근 사용되어왔다(Kuroda et al. 2004). 골유착이 임플란트 표면에 접촉된 골의 비율로써 계산되었다.



Fig. 8. Skyscan 1076[®] micro-CT(SkyScan, Antwerpen, Belgium)

10) 통계 분석

모든 자료는 Windows용 SPSS[®] ver. 12.0(SPSS Inc, Chicago, IL, USA)를 이용하여 통계 처리 하였다. 상, 하악 간의 성공률 차이의 통계적 유의성을 검정하기 위해 χ^2 independence test가 사용되었고, 상, 하악 간의 ISQ value와 골유착 정도의 차이를 검정하기 위하여 Mann-Whitney U test를 시행하였고, 부하 직후와 부하 10주 후의 ISQ value의 유의성 검정을 위하여 Wilcoxon signed ranks test를 시행하였다.

III. 연구 결과

즉시부하된 단일 임플란트 성공률을 살펴보면 상악군에서는 모두 2개의 임플란트가 실패하여 66.7%의 성공률을 나타냈고 하악군의 경우 모두 성공하여 100%의 성공률을 보였다(Table III). 임플란트의 실패는 모두 식립 후 2~3주 사이에 일어났다. 상, 하악군 간의 성공률에 대한 χ^2 검정 결과는 표본 수가 적어 $p=0.121$ 로 유의성을 나타내지 않았다. 실패한 상악 임플란트는 식립직후 ISQ value가 각각 39, 42로 낮은 값을 나타냈다(Table IV).

부하 10주 후 평균 ISQ value는 상악군에서 73.5 ± 6.5 , 하악군에서 81.5 ± 1.4 로 하악군이 상악군보다 높은 ISQ value를 보였다($p < 0.05$) (Table III). 식립 직후와 10주 후의 ISQ value를 살펴보면 상악군의 경우 모든 개체에서 식립 직후보다 10주 후에 ISQ value가 낮아졌으나 임상적인 차이를 감지할 수는 없었으며 통계적인 유의성은 나타나지 않았다 ($p > 0.05$). 하악군의 경우 3개의 임플란트에서는 ISQ value의 증가를, 다른 3개에서는 감소를 나타냈고 통계적으로 유의하지 않았다($p > 0.05$)(Table IV).

Table III. Total experimental outcomes

	Maxilla	Mandible	<i>P</i> -values
Implant survival(%)	4/6(66.7)	6/6(100.0)	0.121
Mean ISQ	73.5 ± 6.5	81.5 ± 1.4	0.010
Mean BIC(%)	30.7 ± 1.7	60.0 ± 5.3	0.010

BIC : bone-to-implant contact

Table IV. ISQ values after immediate implantation and 10 weeks later

		immediate	10 week later	<i>P</i>-values
Case 1	Mx	<u>39</u>	fail	
	Mn	41	81	
Case 2	Mx	81	64	Mx : 0.066
	Mn	85	80	
Case 3	Mx	84	78	
	Mn	85	80	
Case 4	Mx	<u>42</u>	fail	
	Mn	84	83	
Case 5	Mx	81	75	Mn : 1.000
	Mn	82	83	
Case 6	Mx	79	77	
	Mn	80	82	

Mx : Maxilla, Mn : Mandible

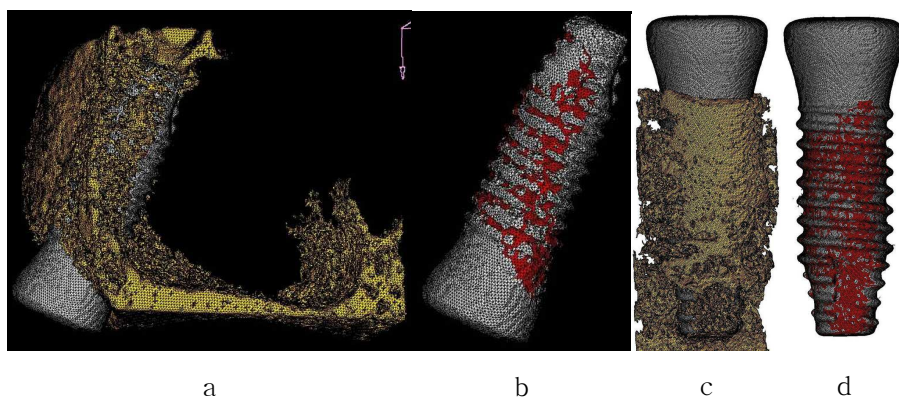


Fig. 9. Three-dimensional micro-CT showing the bone(yellow) around the implants(gray)(a, c) and the bone-to-implant contact area (red) around the implant surface(gray)(b, d).

a, b. Maxilla c, d. Mandible

부하 10주 후 BIC는 상악군에서 평균 30.7 ± 1.7 를 보였고 하악군에서는 평균 60.0 ± 5.3 의 값을 보여 하악군이 상악군보다 훨씬 더 큰 값을 나타냈다($p < 0.05$)(Fig. 9).

IV. 총괄 및 고찰

최근 더 빠른 치료와 치유기간 동안의 가철성 장치 사용에 대한 불편감을 줄이기 위해 술 후 즉시부하(immediate loading)를 시도하는 것에 많은 관심과 연구가 진행되었고 높은 성공률을 보고하고 있다(Attard&Zarb 2005, Schnitman et al. 1997, Chiapasco et al. 1997, Tarnow et al. 1997, Randow et al. 1999, Jaffin et al. 2000, Fischer et al. 2004, Horiuchi et al. 2000).

상악 단일 임플란트에 대해서는 광범위한 연구가 이루어지지 않았으나 최근 연구들에서 상악 단일 임플란트에 임시치관을 즉시 장착하여 높은 성공률을 보여주고 있다(Ericsson et al. 2001, Anderson et al. 2002, Wohrle et al. 1998). 하지만 대대분의 연구들이 즉시 임시수복(immediate temporalization)과 즉시 비기능성 부하개념(immediate non-functional loading concept)을 바탕으로 시행되었다. 임시 치관을 교합되지 않게 즉시 장착하는 이 개념의 배경 이론은 치유에 방해가 되지 않도록 단일 치아 임플란트에 가해지는 부하를 조절하는 것이다. 그러나 Lindeboom(2006) 등은 즉시부하(immediate loading)와 즉시 임시수복(immediate provisionalization)간에 성공률에서 통계적 유의성이 없다고 발표하였고, 따라서 교합력은 임플란트 성공에 있어서 유일한 결정인자는 아니라고 하였다.

여러 동물 실험 연구에서도 즉시 부하에 대한 많은 성공적인 결과가 보고되고 있다. 하지만 동물에서 임플란트 식립 후 보철물을 수복하여 교합하게 함으로써 즉시부하를 주는 것은 많은 비조절성 인자들로 인해 한계를 갖고 있다.

본 연구의 목적은 성견에서 상, 하악 단일 임플란트에 즉시부하를 보철수복 후 기능교합을 통해 주는 것이 아니라 다른 비조절성 요소를 가능한

한 배제하고 오직 조절된 힘을 직접 가하여 그 영향을 ISQ value, bone-to-implant contact(BIC)을 통해 평가하는 것이다.

본 연구의 실험 설계는 상악 전치부를 가정하여 설계되었다. 그러나 실험 개체의 한계 상 임플란트는 성견의 전치부에 식립되지 못하고 상악은 견치 바로 후방에, 하악은 소구치 부위에 식립되었다. 비조절성 힘이 가해지는 것을 가능한 한 배제하기 위하여 대합치는 모두 발치되었고 어떠한 저작운동시에도 접촉이 없게 하였으며 유동식을 주었다. 혀와 구강주위근육의 영향은 저작력에 비하여 임플란트에 미미한 영향을 미치므로 고려하지 않았다. 부하는 20N의 힘을 매일 분당 180회의 속도로 10분간, 총 1800 stroke의 반복적 부하(cyclic load)가 주어졌다(Bates et al. 1975, Graf H. 1969).

임플란트 식립 시 수술방법은 무관막 수술법(flapless surgery)을 사용하였는데 많은 연구들에서 적절한 환자 선택과 임플란트 식립 부위의 적당한 골 두께를 가진다면 높은 성공률을 나타내는 예측가능한 방법이라고 보고된 바 있다(Campelo et al. 2002, Becker et al. 2005).

본 연구에서 상악군에서는 2개의 임플란트가 실패하였고 하악군에서는 모두 성공하였다. 즉시부하를 준 임플란트의 성공률은 상악군은 66.7%, 하악군은 100%이고 모든 임플란트에서는 83.3%를 나타냈다. 이는 Lindeboom 등(92%, 2006), Ericsson 등(86%, 2001), Glauser 등(91%, 2004), Anderson 등(96%, 2002)과 비교하여 낮은 수치이다. 하지만 본 연구의 표본 수가 적어 명확한 결론을 내리기는 힘들다. 또 본 연구에서 실패한 2개의 상악 임플란트는 초기 고정이 각각 ISQ value 39, 42로 낮았다. 즉시부하 시 중요한 요소는 임플란트와 골 간의 micromovement가 일어나지 않게 하는 것인데 이를 위해 임플란트 식립 시 적어도 30Ncm의 insertional torque로 식립되어야 한다(Szmukler-Moncler et al. 2000).

Norton (2004)은 25Ncm 이상의 torque로 식립된 임플란트는 적어도 60의 ISQ value를 가진다고 하였다. 따라서 본 연구에서 실패한 두 임플란트는 즉시부하를 부여하기에는 초기고정이 적합하지 않았다고 할 수 있다. 이 두 임플란트를 제외하면 성공률은 100%를 보여주었다. 반면 하악에 심어진 임플란트 중 하나는 식립 직후 ISQ value가 41이었음에도 불구하고 성공하였다. 이는 표본 수가 적어 결론짓기에 한계가 있지만 하악골이 상악골에 비해 더 치밀하고 단단한 골구조를 갖고 있기 때문이라 생각된다. 그 외의 모든 성공을 나타낸 임플란트는 초기 ISQ가 약 80 정도를 나타내었다.

성공을 나타낸 임플란트 중 부하 10주 후 평균 ISQ는 상악군이 73.5, 하악군이 81.5로 하악군이 상악군보다 높았으며 통계적 유의성을 나타내었다 ($p < 0.05$). 상악군에서는 식립 직후보다 부하 10주 후에 ISQ value가 낮아지는 경향을 보였으나 통계적 유의성은 없었다 ($p > 0.05$). 하악군의 경우도 두 ISQ 사이에 통계적 유의성을 보이지 않았다.

대부분의 연구에서 임플란트 주위의 골구조는 조직학적으로 평가된다. 그러나 그 방법으로 얻어진 절편의 부분적인 평가로는 골구조 전체를 평가하는데 충분하지 못하다. 본 연구에서는 micro-CT를 사용하여 임플란트 주위의 3차원적인 골구조 평가를 시도하였다. Muller 등(1998)은 해면골의 3차원적인 평가와 분석을 위해 micro-CT를 사용하였고 이를 전통적인 2차원 조직학적 평가와 비교하였는데 조직학적인 방법에 비해 해면골 구조의 삼차원적 표현의 장점과 수치 측정의 우수함을 증명하였다. 최근의 연구들에서 임플란트 연구에 micro-CT가 사용되고 있다(Rebaudi et al. 2004, Sennerby et al. 2001). 본 연구에서는 micro-CT가 임플란트 주위의 골 접촉 면적을 평가하는데 사용되었다. 하지만 이를 통해 얻은 BIC 값은 전통적인 조직학적 방법을 통해 얻은 BIC 값과 차이가 있을 수 있고

두 값을 비교, 평가하는 것은 무리가 있으며 두 방법에서의 BIC 값의 비교에 대한 연구가 필요하리라 생각된다.

부하 10주 후 평균 BIC는 상악군에서는 평균 30.7%, 하악군에서는 평균 60.0%으로 하악군이 상악군보다 훨씬 높은 값을 나타내었고 $p=0.010$ 으로 통계적으로 유의성을 보였다. 이 결과는 ISQ value의 상, 하악군에서의 차이와 연관지어 생각해 볼 수 있다. 문헌에 따르면 BIC가 적어도 25%는 되어야 임상적으로 안정성을 가진다고 하였다(Roberts et al. 1989, Albrektsson et al. 1991). 본 연구에서의 결과는 상악군에서 대체적으로 낮은 BIC를 나타냈으나 모든 임플란트에서 위 조건을 만족하였다. 일반적으로 1년간 부하를 받은 임플란트에서의 BIC는 56.5%이고 이 후 점차 증가하여 약 66%의 평균값을 가진다(Sennerby et al. 1991). Froum 등 (1998)은 인간에서 즉시부하를 가한 임플란트에서 평균 40~72%의 BIC를 보고하였다. 인간과 동물 사이에 임플란트 주위의 골 접촉에 어떤 주목할 만한 차이점은 아직 보고된바 없고, 특히 원숭이, 개, 토끼, 인간은 유사한 BIC를 가진다는 보고가 있다(Garetto et al. 1995).

이상의 실험결과에서 단일 임플란트에서 즉시부하를 가하는 것은 초기 고정만 충분하다면 상, 하악에서 충분히 성공적일 수 있을 것이라 예상할 수 있으나 상악에서 더 각별한 주의가 필요하다. 본 연구에서 표본의 수가 적어 명확한 결론을 내리기는 힘들고 실험결과에는 통계적인 한계가 존재하였다. 또한 실험 설계상의 한계점이 존재하므로 표본의 수를 더 늘려 추가적 검증이 필요하고 실험 설계의 개선이 요구된다. 부가적으로 장기적인 추적검사가 필요하리라 사료된다.

V. 결론

본 연구의 목적은 성견에서 상, 하악 단일 임플란트에 다른 비조절성 요소를 가능한 한 배제하고 오직 조절된 힘을 직접 가하는 방법으로 즉시부하를 주어 그 영향을 ISQ value, 임플란트의 골접촉면(bone-to-implant contact: BIC)을 통해 평가하는 것이다. 10주간의 즉시부하 후 ISQ 측정과 미세 전산화단층촬영 및 분석을 통해 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 즉시부하된 단일 임플란트의 성공률은 상악군에서 66.7%, 하악군에서 100%로 나타났으나 초기고정이 안 좋아 즉시부하를 주기에 부적당한 표본을 제외하면 모두 성공을 나타냈다.
2. 부하 10주 후 평균 ISQ value는 상악군 73.5 ± 6.5 , 하악군 81.5 ± 1.4 로 안정적 결과를 나타냈고 하악군이 상악군에 비해 유의성있게 높은 값을 나타냈다. ($p < 0.05$)
3. 식립 직후와 부하 10주 후의 ISQ를 비교하면 모든 개체의 상악군에서 식립 직후보다 부하 10주 후 ISQ value가 감소하였으나 임상적으로 안정적인 범주 내이고 통계적인 유의성은 없었으며 하악군에서도 유의한 차이가 없었다. ($p > 0.05$)
4. 평균 BIC는 상악군 $30.7 \pm 1.7\%$, 하악군 $60.0 \pm 5.3\%$ 로 나타났으며 하악군이 상악군에 비해 유의성 있게 큰 값을 나타냈다. ($p < 0.05$)

이상의 결과를 종합해보면 초기고정이 충분하다면 단일 임플란트에서의 즉시부하는 성공적인 결과를 나타낼 수 있을 것이라 예상할 수 있다. 단 상악의 경우 하악에 비하여 더 조심스럽고 주의 깊은 접근이 필요하다. 이에 대한 추가적인 실험과 장기적 추적검사가 필요하리라 생각된다.

참고 문헌

Akagawa Y, Wadamoto M, Sato Y, Tsuru H: The three-dimensional bone interface of an osseointegrated implant: a method for study. *J Prosthet Dent* 68:813, 1992

Albrektsson T, Johansson C: Quantified bone tissue reactions to various metallic with reference to the so-called osseointegration concept. In: Davies JE, ed. *The Bone-Biomaterial Interface*. Toronto: University of Toronto Press 357, 1991

Anderson E, Haanaes HR, Knutsen BM: Immediate loading of single-tooth ITI implants in the anterior maxilla: A prospective 5-year pilot study. *Clin Oral Implants Res* 13:281, 2002

Aparicio C, Rangert B, Sennerby L: Immediate/early loading of dental implants: A report from the Sociedad Espanola des Implantes World Congress Consensus meeting in Barcelona, Spain, 2002. *Clin Implant Dent Relat Res* 5:57, 2003

Attard NJ, Zarb GA: Immediate and early implant loading protocols: A literature review of clinical studies. *J Prosthet Dent* 94:242, 2005

Bates JF, Stafford GD, Harrison A: Masticatory function - a review of the literature. 1. The form of the masticatory cycle. *J Oral*

Rehabilitation 2:281, 1975

Becker W, Goldstein M, Becker BE, Sennerby L: Minimally invasive flapless implant surgery: A prospective multicenter study. Clin Implant Dent Relat Res 7(suppl 1):S21, 2005

Campelo LD, Camara JR: Flapless implant surgery: A 10-year clinical retrospective analysis. Int J Oral Maxillofac Implants 17:271, 2002

Chiapasco M, Gatti C, Rossi E, Haefliger W, Markwalder TH: Implant-retained mandibular overdentures with immediate loading. A retrospective multicenter study on 226 consecutive cases. Clin Oral Implants Res 8:48, 1997

Ericsson I, Nilson H, Lindh T, et al: Immediate functional loading of Branemark single tooth implants. An 18-month clinical pilot follow-up study. Clin Oral Implants Res 11:26, 2001

Fischer K, Stenberg T: Early loading of ITI implants supporting a maxillary full-arch prosthesis: 1-year data of a prospective, randomized study. Int J Oral Maxillofac Implants 15:824, 2000

Froum S, Emtiaz S, Bloom MJ, Scolnick J, Tarnow DP: The use of transitional implants for immediate fixed temporary prostheses in

cases of implant restorations. *Pract Periodontics Aesthet Dent* 10:737, 1998

Garetto LP, Chen J, Parr JA, Roberts EW: Remodeling dynamics of bone supporting rigidly fixed titanium implants: A histomorphometric comparison in four species including humans. *Implant Dent* 4:235, 1995

Glauser R, Sennerby L, Meredith N, et al: Resonance frequency analysis of implants subjected to immediate or early functional occlusal loading. Successful vs. failing implants. *Clin Oral Impl Res* 15:428, 2004

Graf H: Bruxism. *Dent Clin North Am* 13:659, 1969

Horiuchi K, Uchida H, Yamamoto K, et al: Immediate loading of Branemark system implants following placement in edentulous patients: A clinical report. *Int J Oral Maxillofac Implants* 15:824, 2000

Jaffin RA, Kumar A, Berman CL: Immediate loading of implants in partially and fully edentulous jaws: A series of 27 case reports. *J Periodontol* 71:833, 2000

Kuroda S, Viridi AS, Li P, Healy KE, Summer DR: A low-

temperature biomimetic calcium phosphate surface enhances early implant fixation in a rat model. *J Biomed Mater Res* 70:66, 2004

Lindeboom JA, Frenken JW, Dubois L, Frank M, Abbink I, Kroon FH: Immediate loading versus immediate provisionalization of maxillary single-tooth replacements: A prospective randomized study with BioComp implants. *J Oral Maxillofac Surg* 64:936, 2006

Muller R, Van Campenhout H, Van Damme B: Morphometric analysis of human bone biopsies: A quantitative structural comparison of histological sections and micro-computed tomography. *Bone* 23:59, 1998

Norton MR: A short-term clinical evaluation of immediately restored maxillary Tioblast single-tooth implants. *Int J Oral Maxillofac Implants* 19:274, 2004

Piatelli A, Corigliano M, Scarano A, et al: Immediate loading of titanium plasma-spray implants: A histological analysis in monkeys. *J Periodontol* 69:321, 1998

Randow K, Ericsson I, Nilner K, et al: Immediate functional loading of Branemark dental implants. An 18-month clinical follow up study. *Clin Oral Implants Res* 10:8, 1999

Rebaudi A, Koller B, Laib A, Trisi P: MicroCT scan: Microcomputed tomographic analysis of the peri-implant bone. *Int J Periodontics Res Dent* 24:316, 2004

Roberts WE, Garetto LP, DeCastro RA: Remodeling of devitalized bone threatens periosteal margin integrity of endosseous titanium implants with threaded or smooth surfaces: Indications for provisional loading and axially directed occlusion. *J Indiana Dent Assoc* 68:19, 1989

Sagara M, Akagawa Y, Nikai H, Tsuru H: The effects of early occlusal loading on one-stage titanium alloy implants in delayed and immediately loaded applications. *Int J Oral Maxillofac Implants* 6:456, 1991

Schnitman PA, Wohrle PS, Rubinstein JE, et al: Ten-year results for Branemark implants immediately loaded with fixed prostheses at implant placement. *Int J Oral Maxillofac Implants* 12:495, 1997

Sennerby L, Ericsson LE, Thompson P, Lekholm U, Astrand P: Structure of the bone-titanium interface in retrieved clinical oral implants. *Clin Oral Implants Res* 2:103, 1991

Sennerby L, Wennerberg A, Pasop F: A new microtomographic technique for non-invasive evaluation of the bone structure around

implants. Clin Oral Implants Res 12:91, 2001

Smith DE, Zarb GA: Criteria for success of osseointegrated endosseous implants. J Prosthet Dent 62:567, 1989

Szmukler-Moncler S, Piattelli A, Favero GA, et al: Considerations preliminary to the application of early and immediate loading protocols in dental implantology. Clin Oral Implants Res 11:12, 2000

Tarnow DP, Emtias S, Classi A: Immediate loading of threaded implants at stage 1 surgery in edentulous arches: Ten consecutive case reports with 1- to 5-year data. Int J Oral Maxillofac Implants 12:319, 1997

Wohrle PS: Single-tooth replacement in the aesthetic zone with immediate provisionalization: Fourteen consecutive case reports. Pract Periodontics Aesthet Dent 10:11, 1998

Abstract

Assessment of implant stability after
controlled immediate loading of single implant in dogs

Se Hoon Kim

Department of Dentistry

The Graduate School, Yonsei University

(Directed by Professor Keun Woo Lee)

Recently, many studies about early or immediate loading have been tested in order to satisfy the demand of more rapid treatment and to reduce the discomfort of wearing removable appliances during healing period. These studies have shown a high success rate. There are not many up-to-date clinical prospective and randomized well-controlled studies about immediate loading of nonsplinted single-tooth units in the maxilla. However, recent studies have shown high success rates in immediate placement of a temporary crown after implant placement in the maxilla. Most studies, however, performed "immediate non-occlusal functional loading" without occlusal or eccentric contact of temporary crown. Furthermore, giving immediate load in the implant prosthesis in case of animal studies are limitations due to many uncontrolled factors.

The aim of this study is to evaluate the effect of immediate loading using well-controlled force directly on the maxillary and

mandibular single unit implants, excluding as many uncontrolled factors as possible, in dogs through ISQ value, bone-to-implant contact(BIC).

Immediate loading was applied for 10 weeks. The ISQ values were measured and micro-CT was used to quantify the bone around the implants. The results were as follows:

1. A success rate of immediately loaded implants was 66.7% in maxilla and 100% in mandible; however, all samples succeeded excluding the samples which were improper to give immediate loading due to poor early stability.

2. After immediate loading for 10 weeks, mean ISQ was 73.5 ± 6.5 in maxilla and 81.5 ± 1.4 in mandible, and it was higher in mandible than maxilla. Statistically significant differences were found in two groups($p < 0.05$).

3. ISQ values after 10 weeks in comparison to immediate ISQ after implantation were reduced in all cases in maxilla, but there were no statistically significant differences. There were also no statistically significant differences in mandible.

4. Mean BIC was $30.7 \pm 1.7\%$ in maxilla and $60.0 \pm 5.3\%$ in mandible, was statistically significant higher in mandible than maxilla. ($p < 0.05$)

This finding leads to the following conclusion. It can be predicted that if enough early stability is provided to single implant fixture, immediate loading on single-unit implant would show successful results. However, in cases of maxillary implants, it is necessary to approach in more careful and cautious ways. In my opinion, additional studies and long term follow-ups studies are needed.

Key word : Immediate loading, Controlled loading, Single implant, ISQ value, BIC(bone-to-implant contact), Osseointegration