

골유착전 임플란트 고정체의 의원성 동요가 골결합에 미치는 영향

조진현 · 조광현 · 조성암 · 이규복 · 이청희*

경북대학교 치의학전문대학원 치과보철학교실

연구 목적: 이 논문은 임플란트 고정체가 골유합이 이루어지기전 의원성 동요가 있을 경우 골결합에 어떤 영향을 미치는지를 알아 보고자 한다.

연구 재료 및 방법: 실험에 사용한 임플란트는 직경 3.73 mm, 길이 4 mm의 순수한 타이타늄과 RBM (MegaGen®: Ca-P) 처리된 임플란트(Grade IV)를 사용하였다. 몸무게 3.5 kg 이상의 토끼(Female, New Zealand White)의 한쪽 경골에 2개씩 양쪽 다리에 임플란트를 식립하여 모두 80개의 임플란트가 식립되었다. 비틀림 제거력(Removal torque)의 간격에 따라 그룹 I(6주), 그룹 II(4일+6주), 그룹 III(4일+1주+6주), 그룹 IV(1주+6주), 그룹 V(1주+1주+6주), 그룹 VI(2주+6주), 그룹 VII(2주+1주+6주), 그룹 VIII(3주+6주), 그룹 IX(3주+1주+6주), 그룹 X(10주)으로 10개의 그룹으로 나누었다. 본 실험에서 그룹 I과 그룹 X가 대조군이며, 비틀림 제거력은 digital torque gauge (Mark-10, USA)를 사용하여 6주와 10주에 측정하였다. 실험군에서는 마지막 비틀림 제거력을 측정하기 전에 의원성 동요를 가하여 한 번 혹은 두 번 비틀림 제거력을 측정하여 그 수치를 기록하였다. 그 후, 대조군을 제외하고 비틀림 제거력을 측정한 임플란트는 가급적 원래의 위치로 돌려 놓고 봉합을 하였다. 모든 실험군은 마지막 비틀림 제거력 측정전 까지 6주간의 치유기간을 주었으며, 마지막 비틀림 제거력은 실험군 첫 번째 또는 두 번째 비틀림 제거력값과 비교하여 결과를 분석하였다.

결과: 마지막 비틀림 제거력 측정값에서 그룹 X(10주)의 값이 대조군인 그룹 I(6주)의 값보다 높았으나, 통계적으로는 유의하지 않았다. 실험군과 대조군 사이의 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다($P>.05$). 첫 번째 비틀림 제거력 측정치에서, 실험군(4일 혹은 1주)에서 다른 실험군(2주 혹은 3주)의 수치보다 낮은 값을 보였다. 치유기간에 따른 각 실험군의 비교에서, 최종 비틀림 제거력 값이 첫 번째 비틀림 제거력 값보다 현저히 높은 값을 보였다.

결론: 골유착이 형성되기 전 한 번 또는 두 번 의원성으로 동요는, 만약 충분한 치유기간을 가지게 될 경우 임플란트의 골유착에 영향을 주지 않는다. (대한치과보철학회지 2012;50:149-55)

주요단어: 골유착; 재유착; 비틀림 제거력

서론

Brånemark 등은 1969년 골 내 타이타늄 임플란트의 치유와 장기간의 안정에 영향을 주는 요소들에 관해 처음으로 발표를 했고, 이것이 골유착 치과 임플란트의 원칙의 최초의 도입이었다. 침습적 수술과 노출(nonsubmergence)이 섬유성 결합의 원인으로 확인되었고, 여기에서는 조기부하는 기여요인으로서 언급되지는 않았다. Brånemark 등은 1977년에 10년간의 임상경험을 발표하였고, 부하의 시기가 골유착에 영향을 미치는 중요한 요소라고 했다. 이를 바탕으로 오늘날 성공적이고 예지성 있는 골내 임플란트 프로토퀴이 만들어졌고, 이 프로토퀴은 1) 생체에 적합한 물질의 사용, 2) 비침습적 수술 기법, 3) 최소 3개월의 무부하 기간을 포함한다. 위의 골유착의 3가지 필수요소들 중에 최소 3개월의 무부하 기간은 가장 논란의 여지가 있는 부분이다. Brånemark에 의해 주장된 하악에서 3개월, 상악에서 6개월의 무부하 기간은 경험적이고 실험적으로 확인된 것이 아니다.³ 무부하 기간을 줄이기 위해, 최근에는 조기하중(early loading)이나 즉시하중(immediate loading)으로 시술이 되고 있다. 이 경우에 임플란트 성공의 중요한 필수조건으로 임

플란트 나사산 모양(thread design)과 표면 처리가 중요하다고 보고 되었다.^{4,5} 나사산 모양은 높은 기계적 유지, 큰 응력분산, 넓은 표면적을 갖도록 개발되었다.⁶ 이러한 나사산 모양은 임플란트의 미세동요도를 줄이고, 초기 안정성(initial stability)을 증가시킨다.

임플란트 표면 특징은 골치유 동안 미세동요도하에서 골반응에 영향을 미친다. 표면처리에 의한 골유착의 두 가지 방법으로 생체역학적 결합(biomechanical interlocking)과 생화학적 결합(biochemical bonding)이 제시되었다. 생체역학적 결합면에서는, 거친 표면(rough surface)이 기계적 표면(machined surface)보다 좋은 세포 부착을 생체상(in vivo)이나 실험실(in vitro)에서 보였고, 이러한 경향은 현미경상 적당한 정도의 거칠기(Ra 0.5 - 2.0 μ m)에서, 더 좋은 골유착의 측정지표(BIC)를 보였다.^{7,8} 이러한 표면 거칠기는 산부식(acid etching), Grit-blasting with nonresorbable (alumina, silica, titanium oxide) or resorbable blasting media (hydroxyapatite, tricalcium phosphates)를 통해서 얻어진다.

생화학적 결합에서는, Plasma-sprayed hydroxyapatite (PSHA)와 같은 생체세라믹 임플란트가 높은 골-임플란트(host-implant)를 보이고, 생체세라믹이 없는 표면 임플란트보다 식립 후 조기

* 교신저자: 이청희

700-412 대구광역시 중구 삼덕동 2가 188-1번지 경북대학교 치의학전문대학원 보철학교실 053-600-7673: e-mail, chlee@knu.ac.kr

원고접수일: 2012년 3월 27일 / 원고최종수정일: 2012년 4월 6일 / 원고채택일: 2012년 7월 4일

*이 논문은 2011학년도 경북대학교 신입교수정착연구비에 의하여 연구되었음.

에 높은 고정성을 얻을 수 있다.^{9,10} Szmukler-Moncler 등¹¹은 칼슘포스페이트(CaP)임플란트가 비칼슘포스페이트(non CaP)임플란트보다 더 큰 미세 동요도를 견딜 수 있다고 했다. 이러한 노력에도 불구하고, 골유착이 완성된 후에 임플란트 고정체에 보철물을 제작할 때, 지대주(implant abutment)를 연결하기 위해 나사에 토크를 주거나 혹은 인상용 코핑을 연결하거나 풀 때, 그리고 최종 임플란트 보철물을 고정시킬 때 골유착이 순간적으로 파괴될 정도로 힘이 가해지는 경우도 있다. Ivanoff 등¹²은 토끼의 경골에 임플란트를 식립하고, 6주 동안의 치유를 거친 후 골유착이 실패할 때까지 제거력(removal torque)을 주고 다시 원래의 위치에서 6주의 치유기간을 거친 후 제거력을 측정할 결과를 12주간 치유기간을 거친 대조군과 비교하여 단층 치밀골(monocortical)에서는 통계학적으로 유의하게 높은 제거력을 관찰하였다고 보고하였다. Jang 등¹³은 골유착이 파괴된 후 4주간 원래의 위치로 재 위치시키는 토끼실험에서, 4주 후에 재유착(reintegration)이 발생하였으며 비틀림 제거력은 유의성 있게 증가하였다고 보고하였다. Hwang 등¹⁴은 smooth surface 임플란트를 이용한 골유착 파괴 제거력 후에 다양한 치유 기간을 부여한 토끼실험에서, 골유착이 파괴된 후 2주부터 처음보다 더 높은 골유착을 얻을 수 있음을 보고 한 바 있다. Ye¹⁵는 토끼 경골에 식립한 Resorbable blast medium (MegaGen®, Korea: Ca-P)으로 표면 처리된 임플란트 실험에서 일차적 골유착을 얻은 후 야기한 인위적 골결합 파괴를 주고 안정시킨 경우, 11일 경과에서 이전의 골결합력을 얻을 수 있었으며, 2주 이상 안정시킬 경우에 통계적으로 유의하게 높은 결합력을 나타낸다고 하면서, 임상적으로 거친 표면 임플란트의 경우에는 6주 정도의 치유기간이면 충분한 골유착을 얻을 수 있다고 하였다. 이러한 연구를 비교해 볼 때 임플란트가 골유착을 얻은 후에 여러 원인으로 파괴되는 경우에는 다시 일정한 치유기간을 주면 처음 골유착보다 더 높은 결합력을 얻을 수 있다는 것을 알 수가 있었다.

임플란트 고정체를 수술로 식립 한 후에 치유과정이 일어나는 과정 즉 골유착이 완전히 일어나기 전에 생기는 고정체의 순간적 움직임(골유착의 파괴)의 경우에는 최종적인 골결합력에 어떠한 영향을 줄 것인지에 대한 연구는 보고되어 있지 않다.

본 연구의 목적은 RBM (MegaGen®: Ca-P)으로 표면 처리된 임플란트를 토끼의 경골에 식립하고 임플란트 식립 후 골유착이 일어나기 전 일정 시간에 인위적인 동요를 준 다음, 다시 6주간 치유기간을 준 후 골결합력을 측정하여 대조군과 골결합력의 차이를 알아보기 위함이다.

연구 재료 및 방법

1. 연구 재료 및 방법

순수한 티타늄으로 직경 3.75 mm, 길이 4 mm의 실험용 임플란트를 제작한 후 RBM 표면처리를 하였다(Fig. 1). 3.5 kg이상의

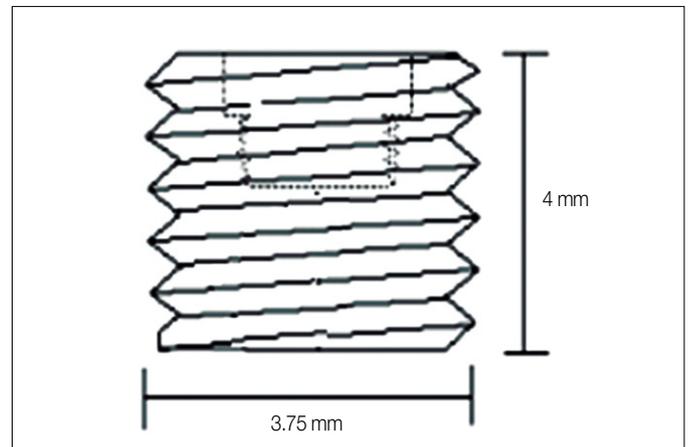


Fig. 1. Schematic diagram of experimental implant.

토끼(Female, Newzealand white) 20마리에 2% Xylazine (Rompun, Bayer Korea, Seoul, Korea), 황산 atropine (DAIHAN pharm. Co., LTD, Seoul, Korea), 및 Zoletil 50 (Virbac Lab., Carros, France)을 5분 간격으로 0.15 ml/Kg을 근육 주사하여 전신마취를 시행했다. 수술 전에 면도된 피부에 베타딘으로 소독하고, 수술 부위에 리도케인으로 침윤마취를 시행하였다. 수술은 제조사의 지시대로 좌우 경골에 임플란트를 각각 2개씩 총 80개를 통상적인 방법으로 식립하였고, 임플란트는 단층 치밀골(monocortical)만을 이용하였다. 골막과 근막은 흡수성 봉합사(3.0), 피부는 흡수성 봉합사(4.0)로 봉합 후 항생제로 Novin-50 (Bayer Korea, Seoul, Korea)을 0.44 ml/Kg 근육주사하고 치유촉진제로 Negasunt (Bayer Korea, Seoul, Korea)를 수술부위에 도포하였다. 수술 후 3일 간격으로 항생제를 추가로 근육 주사하였다.

각각의 임플란트를 10개의 군으로 나누었다(Table 1). 식립된 시편은 실험조건에 맞는 기간을 둔 후, Digital torque gauge (Mark-10 corporation, New York, USA) (Fig. 2)를 이용하여 반시계 방향으로 힘을 주어 식립된 임플란트의 비틀림 제거력을 측정하였다(Fig. 3). 비틀림 제거력을 측정된 이후에 임플란트를 측정 전의 위치로 재위치한 후 임플란트와 골 계면 사이에 골유착을 얻기 위하여 연조직을 봉합했다. 실험 III, V, VII, 그리고 IX 군에서는 1주일 후에 다시 비틀림 제거력을 측정한 후 재위치 시키고 봉합을 하였다. 대조군으로 실험 I군과 X군은 6주와 10주의 치유기간을 준 후, 최종 비틀림 제거력 측정하였으며 다른 실험군은 마지막 비틀림 제거력 측정 후 6주간의 치유기간을 준 다음 최종 비틀림 제거력을 측정하였다. 대조군과 X군에서 각 1마리가 사망해서 측정치에서 제외했다.

2. 통계처리

각 실험군에서 비틀림 제거력의 평균과 표준편차를 구하였다. 각 실험군에서 비틀림 제거력에 유의한 변화가 있는지 알아보기 위하여 SPSS 18.0 (SPSS Inc, Chicago, IL, USA) 프로그램을 이

Table 1. Removal torque test frequency and time interval in each group

G	N	1st RTT [†] time interval after placement	2nd RTT time interval after 1st RTT	Final RTT time interval after last RTT
I	8	control group		6 weeks
II	8	4 days		6 weeks
III	8	4 days	1 week	6 weeks
IV	8	1 week		6 weeks
V	8	1 week	1 week	6 weeks
VI	8	2 weeks		6 weeks
VII	8	2 weeks	1 week	6 weeks
VIII	8	3 weeks		6 weeks
IX	8	3 weeks	1 week	6 weeks
X	8	control group		10 weeks

RTT[†] = removal torque test



Fig. 2. Digital torque gauge (Ncm).



Fig. 3. A photograph of the removal torque test holding the sample. The driver is connected to the implant and the jaws of the digital torque gauge (Mark-10, USA).

Table 2. Removal torque force of in each group (N/cm)

G	N	Mean ± SD of 1st RTF [†]	Mean ± SD of 2nd RTF	Mean ± SD of Final RTF	P value*
I	7	control group		20.57 ± 6.69 ^{ab}	<.001
II	8	4.76 ± 1.29		22.01 ± 11.27 ^{ab}	
III	8	4.55 ± 0.88	15.23 ± 6.93	21.21 ± 6.34 ^{ab}	
IV	8	7.12 ± 4.60		23.03 ± 8.13 ^{ab}	
V	8	4.96 ± 1.99	7.88 ± 3.16	20.15 ± 5.05 ^a	
VI	8	12.81 ± 5.08		24.22 ± 5.24 ^{ab}	
VII	8	15.90 ± 6.22	16.14 ± 7.39	34.00 ± 13.19 ^b	
VIII	8	20.84 ± 6.43		30.59 ± 8.14 ^{ab}	
IX	8	16.90 ± 8.66	13.14 ± 5.53	31.45 ± 9.25 ^{ab}	
X	7	control group		32.33 ± 3.49 ^{ab}	

RTF[†] = removal torque force

* P value is determined by one-way ANOVA procedure. ^{ab} The same letter indicate there is no significant differences between groups by Tukey's multiple comparison at $\alpha=.05$.

용하여 paired t-test와 ANOVA-test로 통계처리 하였다. 제거력의 변화가 실험군 간에도 유의한 차이가 있는지 알아보기 위해 one-way ANOVA와 Tukey's multiple comparison test를 이용하였다.

결과

각 실험군에서 측정된 비틀림제거력의 평균과 표준편차를

구하였다(Table 2).

최종 비틀림제거력 비교에서 10주간의 치유기간을 준 대조군 X군이 6주간 치유기간을 준 대조군 I군에 비하여 높은 값을 나타냈으나 통계학적으로 유의한 차이는 없었으며, 모든 실험군은 대조군에 대하여 통계적인 차이가 없는 것으로 나타났으나, 단지 실험 VII군이 실험 V군보다 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다(P<.05).

Table 3. Comparison of 1st removal torque force between experimental groups

G	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	P value*
II									<.001
III	1.000								
IV	0.979	0.966							
V	1.000	1.000	0.987						
VI	0.038 [#]	0.030 [#]	0.276	0.047					
VII	0.001 [#]	0.001 [#]	0.017 [#]	0.002 [#]	0.914				
VIII	0.000 [#]	0.000 [#]	0.000 [#]	0.000 [#]	0.039 [#]	0.531			
IX	0.000 [#]	0.000 [#]	0.005 [#]	0.000 [#]	0.717	1.000	0.780		

* P value is determined by one-way ANOVA procedure.

indicate there is significant differences between groups by Tukey's multiple comparison at $\alpha=.05$.

Table 4. Comparison of 1st removal torque force between experimental groups

G	III	V	VII	IX	P value*
III					.044
V	0.103				
VII	0.972	0.041 [#]			
IX	0.934	0.296	0.736		

* P value is determined by one-way ANOVA procedure.

indicate there is significant differences between groups by Tukey's multiple comparison at $\alpha=.05$.

1차 비틀림제거력을 실험군간 통계적으로 비교에서는, 임플란트 고정체를 식립한 후 4일과 1주일에 측정된 비틀림제거력이 2주이상 치유한 실험군에 비하여 유의하게 낮게 나타났다 ($P<.05$) (Table 3).

2차 비틀림제거력을 측정된 실험군간 통계적으로 비교하였고, 실험 V군은 다른 실험군에 비하여 낮게 나타났으며 특히 실험 VII군에 비하여 유의하게 낮게 나타났었다 ($P<.05$) (Table 4).

각 실험군 안에서 치유기간에 따른 측정된 비틀림제거력을 비교한 결과, 모든 실험군에서 처음 측정된 것보다 최종적으로 측정된 비틀림제거력이 유의하게 높게 나타났었다 ($P<.05$). 실험 V, VII, 및 IX군은 1차 비틀림제거력과 2차 비틀림제거력 사이에 유의한 차이가 없었으나 ($P>.05$), 실험 III군에서는 1차 비틀림제거력보다 2차 비틀림제거력이 유의하게 높게 나타났으며 ($P<.05$) 2차 비틀림제거력은 최종 비틀림제거력과 유의한 차이가 없는 것으로 나타났었다 ($P>.05$).

고찰

무치악 부위를 임플란트로 회복하는 과정에서 임플란트 고정체와 골과의 골유착은 임상적 성공에서 매우 중요하다. Albrektsson 등¹⁶에 의하면, 골유착은 생체골(living bone)과 부하를 전달할 수 있는 골내 임플란트 사이의 직접적 기능적 연결이라고 한다.

Ivanoff 등¹²은 토끼의 경골에 식립한 임플란트 재유착 실험에서 단층 치밀골(monocortical)에서는 통계학적으로 유의하게 높은 제거력을 관찰되었고 이중 치밀골(bicortical)에서는 차이가 없었다고 보고하였다. Jang 등¹³과 Hwang 등¹⁴은 토끼의 경골에 smooth surface 임플란트를 이용한 토끼실험에서, 그리고, Ye¹⁵는 RBM으로 표면처리 된 임플란트 실험에서, 모두 2주 이상 안정시킬 경우에 통계적으로 유의하게 처음 얻은 골결합 보다 높은 결합력을 얻을 수 있다고 하였다. 이렇게 재유착을 짧은 기간에 얻을 수 있는 이유로는 골유착이 파괴된 임플란트가 섬유성 조직의 개입이 없이 정확한 골접합(precise fit)을 얻을 수 있고, 원래의 위치에 되돌려졌을 때 좋은 초기고정을 확보할 수 있기 때문일 것이다.

만약 이 초기 골유착 동안에 동요도를 주게 된다면 어떻게 될까? 이는 Brånemark의 이론에 의하면 실패가 자명하지만, 골유착전이나 초기 골유착에서의 임플란트 고정체의 움직임이 최종적 골유착에 어떠한 영향을 주는지에 대한 실험적 보고는 없는 상황이다. 또한 최근에는 초기고정이 좋다면 수술당일이나 혹은 2주안에 부하를 가하는 즉시하중법이나 조기하중법이 사용될 정도로 예전에 비하여 임플란트의 프로토클이 변했고, 이것의 성공은 여러 저자들에게서 확인된다.^{4,17-22} 이러한 것은 초기 임플란트와 달리 임플란트 표면이 발전되어 가능하게 되었고, 초기 안정성이 좋은 부위에서 주로 시술되기 때문이다. 즉시하중이나 혹은 조기하중시의 힘, 지대주나 인상용 코핑의 고정체 연결에 의한 고정체의 미세한 수평(회전) 혹은 수직 움직임, 보철물의 장착 등으로 유해한 자극이 몇 번 생길 경우에도 최종적인 골유착에 어떠한 영향을 주게 될 것인지, 골유착 후 재유착 여부 실험에서 일어났던 더 높은 골결합이 이 경우에도 생길 수 있는지에 대한 의문으로 실험하게 되었다.

Sernerby 등²³은 토끼에 식립 된 임플란트의 초기 조직 반응이 실험에서 식립 후 3일에 osteoid가 형성되고, 1주일에 파골세포가 나타나고 골형성이 시작되며, 2주일에 망상골(trabecular bone)형성이 보이며 나사산에 골형성이 증가한다고 보고하였다. 본 실험에서는 식립 후, 4일, 1주, 2주, 그리고 3주를 기본으로 해서 인위적 동요로 비틀림 제거력을 측정하였으며, 각각에

대하여 1주일 후에 2차 인위적 동요를 추가로 주는 것으로 하여 최대 2번의 인위적 동요를 계획하였다. Sennerby 등²⁴의 연구에서, 토끼 경골 실험에서 6주 이후에 골결합력의 차이가 없다고 하였다. 이를 바탕으로 모든 실험군에 6주간의 치유기간을 준 후 최종 골결합력 측정하였으며 총 치유기간의 차이를 비교해 보기 위해, 6주와 10주의 치유기간을 준 두 개의 대조군을 만들었다.

Sennerby 등²⁴은 경골에 식립 된 기계적(smooth)표면의 임플란트의 6주, 3개월, 그리고 6개월 비교에서 유의한 차이가 없다고 하였는데, 본 실험 대조군의 비교에서 6주의 치유기간에 비하여 10주에서 유의성은 없었으나 높은 비틀림 제거력을 나타냈는데 이는 표면처리에 따른 차이인지 좀 더 연구가 필요하다고 생각된다.

또한 실험군간과 대조군의 최종 비틀림제거력을 비교한 결과에서 실험 VII군이 실험 V군에 비하여 높게 나타났으나 대조군과는 차이가 없는 것으로 나타나, 골유착 전이나 초기 골유착 시기에 일어날 수 있는 한 번 혹은 두 번에 걸친 인위적 동요에도, 안정적인 6주간의 치유기간을 줄 경우에는 골결합이 적절히 형성된다는 것을 알 수 있었다. 그리고 골유착 후에 야기된 동요로 더 높은 결합력을 얻을 수 있었다고 하였는데^{12,15} 본 실험은 대조군과 비교해 볼 때 골유착전이나 초기 골유착에서 야기된 동요에서는 더 높은 결합력을 얻을 수 없었다.

1차 비틀림 제거력을 실험군간 비교하여 보면 임플란트 고정체를 식립 한 후 4일과 1주일에 측정한 비틀림 제거력은 2주 이상 치유한 실험군에 비하여 유의하게 낮게 나타남으로, 2주 이상에서는 상당히 골결합이 나타났다.

2차 비틀림 제거력을 실험군간 비교한 결과에서 식립 후 1주일에 실험한 실험 V군이 낮게 나타났으며 특히 실험 VII군에 비하여 유의하게 낮게 나타났고, 예상외로 식립 후 4일에 동요도를 준 실험 III군에서 높은 제거력이 나타났으며 다른 실험군과 유의한 차이는 없었다.

모든 실험군의 각 실험군내 비교에서 최종 비틀림 제거력이 1차보다 유의하게 높게 나타났고, 실험 V, VII, 및 IX군에서도 1차와 2차에 비하여 유의하게 최종 비틀림 제거력이 높게 나타났다. 실험 III군에서는 2차 비틀림 제거력이 1차보다 유의하게 높게 나타났고 최종 비틀림 제거력과 차이가 없는 것으로 나타났다. 이는 4일까지 일어나는 초기 골조직반응이 인위적 동요로 골결합을 더 빨리 유도하는지에 대해서는 좀 더 연구가 필요할 것으로 사료된다. 최종 비틀림 제거력이 실험 III군을 제외하고 2차보다도 유의하게 높게 나타나 골유착전이나 초기 골유착에서 임플란트 고정체에 동요가 생길 경우, 6주간의 안정적인 치유기간이 중요하다고 생각된다.

Brånemark 등의 초기 임플란트 치료 프로토콜과 달리 임상적으로 임플란트의 식립과 임플란트 하중사이의 기간(postsurgical interval)을 줄이는 것은 치과 임플란트학에 중요한 분야로 발전되어 왔다.⁴ 이러한 임상적 결과를 얻을 수 있는 방법은 임플란트 식립시의 초기고정이 좋을 경우에 한하여, 수술 당일에 부

하를 가하는 즉시부하법이나 혹은 2주안에 부하를 가하는 조기부하법의 사용이 추천되고 있다.²⁵ Castellon 등²⁶은 즉시하중이나 조기하중의 성공을 위한 중요한 요소로, 1) 임플란트의 초기 안정성(primary stability of implant), 2) 임플란트 길이가 적어도 10 mm 이상, 3) 임플란트의 양측 고정(bilateral splinting of implants), 4) 골량과 골질(bone quantity and quality), 5) 수동적합(passive fit)이라고 정리하였다. 임플란트 초기 안정성과 임플란트 형태와 표면의 골과의 반응에 대한 이해가 필요하고, 특히 초기 임플란트와 골사이의 골결합에 대한 지식은 즉시하중이나 조기하중에 아주 중요한 부분이다. 임플란트의 성공과 실패인 골유착과 섬유성 유착을 결정짓는 요인으로는 수술기법(surgical preparation), 임플란트 하중(implant loading), 임플란트 모양(implant shape), 임플란트 재료(implant material) 등이 있는데, 여기에서 가장 중요한 것이 임플란트 하중이라고 하였다.²⁷ 조기하중은 예측할 수 없는 것으로 생각되었고, 이것은 골과 임플란트 사이에 미세동요도(micromotion)를 일으키고 골유착보다는 섬유성결합(fibrous encapsulation)을 초래하게 된다.²⁸ 이러한 방법으로 골유착전 임플란트 보철을 하는 경우에 식립된 임플란트 고정체에는 인상코핑 연결과 채득, 지대주 연결, 보철물 연결할 때 등에 비트는 힘이 작용하게 될 것이고 골과 임플란트 고정체 표면에서 진행하고 있던 골결합 과정에 영향을 줄 것으로 사료된다. 하지만 본 실험에 따르면 지속적인 동요가 야기되지 않는다면 한 두 번의 동요로는 골결합에 영향을 주지 않는 것으로 생각할 수 있다. 또한 즉시하중이나 조기하중에서 다수 임플란트 보철물의 고정이 추천²⁶되는데 이러한 고정연결이 하중에 의해 생길 수 있는 임플란트 고정체의 미세동요를 방지하는데 도움을 주어서 성공적인 치료가 될 수 있었을 것이다.

본 실험에서는 골유착전 및 초기 골유착 시기에 임플란트 고정체에 일어날 수 있는 동요가 최종적인 골유착에 어떠한 영향을 주는지 알아보기 위해 실험하였다. 추후에 식립 후 바로 혹은 한 두 번이 아닌 여러 번 혹은 지속적인 동요는 어떠한 영향을 주는지에 대한 연구가 필요하다고 생각된다.

결론

토끼의 경골에 RBM 표면처리를 한 임플란트를 식립하고 골유착전에 인위적인 동요를 1회 혹은 2회 준 다음 6주간 다시 제위치 시켜 치유기간을 준 후 골결합력으로 비틀림제거력을 측정하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 임플란트의 최종적인 골결합력에는 유의한 차이가 없었다.
2. 최종적인 골결합력은 1차 인위적 동요로 측정된 골결합력보다 유의하게 높게 나타났다.
3. 최종적인 골결합력은 2차 인위적 동요로 측정된 골결합력에 대하여 식립 후 4일 그리고 1주, 두 번 동요를 준 실험군을 제외하고 유의하게 높게 나타났다.
4. 식립 후 4일 그리고 1주, 두 번 동요를 준 실험군에서는 식

립 4일에 측정된 첫 번째 골결합력보다 그 후 1주에 측정된 두 번째 골결합력이 유의하게 높게 나타났으며 최종 골결합력과는 차이가 없었다.

5. 1차 인위적 동요로 측정된 비틀림 제거력 비교시 식립 4일 및 1주일에 비하여 식립 2주 이상 실험군에서 유의하게 높은 결합력을 나타냈다.

참고문헌

- Brånemark PI, Breine U, Asell R, Hanson BO, Lindström J, Ohlsson A. Intraosseous anchorage of dental prosthesis I. Experimental studies. *Scand J Plast Reconstr Surg Suppl* 1969;3:81-100.
- Brånemark PI, Hansson BO, Adell R, Breine U, Lindström J, Hallén O, Ohman A. Osseointegrated implants in the treatment of the edentulous jaw. Experience from a 10-year period. *Scand J Plast Reconstr Surg Suppl* 1977;16:1-132.
- Szmukler-Moncler S, Salama H, Reingewirtz Y, Dubruille JH. Timing of loading and effect of micromotion on bone-dental implant interface: review of experimental literature. *J Biomed Mater Res* 1998;43:192-203.
- Randow K, Ericsson I, Nilner K, Petersson A, Glantz PO. Immediate functional loading of Brånemark dental implants. An 18-month clinical follow-up study. *Clin Oral Implants Res* 1999;10:8-15.
- Lefkove MD, Beals RP. Immediate loading of cylinder implants with overdentures in the mandibular symphysis: the titanium plasma-sprayed screw technique. *J Oral Implantol* 1990;16:265-71.
- Misch CE. Implant design considerations for the posterior regions of the mouth. *Implant Dent* 1999;8:376-86.
- Coelho PG, Granjeiro JM, Romanos GE, Suzuki M, Silva NR, Cardaropoli G, Thompson VP, Lemons JE. Basic research methods and current trends of dental implant surfaces. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater* 2009;88:579-96.
- Albrektsson T, Wennerberg A. Oral implant surface: Part I—review focusing on topographic and chemical properties of different surfaces and in vivo responses to them. *Int J Prosthodont* 2004;17:536-43.
- Coelho PG, Lemons JE. Physico/chemical characterization and in vivo evaluation of nanothickness bioceramic depositions on alumina-blasted/acid-etched Ti-6Al-4V implant surfaces. *J Biomed Mater Res A* 2009;90:351-61.
- Roberts WE, Turley PK, Brezniak N, Fielder PJ. Implants: Bone physiology and metabolism. *CDA J* 1987;15:54-61.
- Szmukler-Moncler S, Reingewirtz Y, Weber HP. Bone response to early loading: the effect of surface state. Davidovitch Z, Norton LA, Eds. *Biological Mechanisms of Tooth Movement & Craniofacial Adaptation*. Boston: Harvard Society for the Advancement of Orthodontics; 1996. p. 611-6.
- Ivanoff CJ, Sennerby L, Lekholm U. Reintegration of mobilized titanium implants. An experimental study in rabbit tibia. *Int J Oral Maxillofac Surg* 1997;26:310-5.
- Jang JH, Cho JH, Lee CH. Study of re-osseointegration of implant fixture after mechanical unscrewing. *J Korean Acad Prosthodont* 2010;48:209-14.
- Hwang YJ, Cho JH, Lee CH. Investigation of osseointegration according to the healing time after having iatrogenic mobility of implant fixture. *J Korean Acad Prosthodont* 2010;48:308-14.
- Ye SH. An investigation of reosseointegration according to time course after intentional mobilization of implant fixture. MS Thesis. In: Graduate School, Kyungpook National University. 2009.
- Albrektsson T, Hansson HA, Kasemo B, et al. The interface zone of inorganic implants in vivo; titanium implants in bone. *Ann Biomed Eng* 1983;11:1.
- De Bruyn H, Kisch J, Collaert B, Lindén U, Nilner K, Dväsäter L. Fixed mandibular restorations on three early-loaded regular platform Brånemark implants. *Clin Implant Dent Relat Res* 2001;3:176-84.
- Chiapasco M, Abati S, Romeo E, Vogel G. Implant-retained mandibular overdentures with Brånemark System MKII implants: a prospective comparative study between delayed and immediate loading. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2001;16:537-46.
- Ganeles J, Rosenberg MM, Holt RL, Reichman LH. Immediate loading of implants with fixed restorations in the completely edentulous mandible: report of 27 patients from a private practice. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2001;16:418-26.
- Brånemark PI, Engstrand P, Ohnell LO, Gröndahl K, Nilsson P, Hagberg K, Darle C, Lekholm U. Brånemark Novum: a new treatment concept for rehabilitation of the edentulous mandible. Preliminary results from a prospective clinical follow-up study. *Clin Implant Dent Relat Res* 1999;1:2-16.
- Ericsson I, Randow K, Nilner K, Peterson A. Early functional loading of Brånemark dental implants: 5-year clinical follow-up study. *Clin Implant Dent Relat Res* 2000;2:70-7.
- Colomina LE. Immediate loading of implant-fixed mandibular prostheses: a prospective 18-month follow-up clinical study—preliminary report. *Implant Dent* 2001;10:23-9.
- Sennerby L, Thomsen P, Ericson LE. Early tissue response to titanium implants inserted in rabbit cortical bone. Part II light microscopic observations. *J Mater Sci Mater Med* 1993;4:240-50.
- Sennerby L, Thomsen P, Ericson LE. A morphometric and biomechanical comparison of titanium implants inserted in rabbit cortical and cancellous bone. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1992;7:62-71.
- Sennerby L, Gottlow J. Clinical outcomes of immediate/early loading of dental implants. A literature review of recent controlled prospective clinical studies. *Aust Dent J* 2008;53:S82-8.
- Castellon P, Blatz MB, Block MS, Finger IM, Rogers B. Immediate loading of dental implants in the edentulous mandible. *J Am Dent Assoc* 2004;135:1543-9; quiz 1621-2.
- Oleinick AJ. Osseointegration versus fibro-osseointegration: review of endosseous dental implant systems. *Gen Dent* 1993;41:406-8.
- Brunski JB. Avoid pitfalls of overloading and micromotion of intraosseous implants. *Dent Implantol Update* 1993;4:77-81.

The influence of intentional mobilization of implant fixtures before osseointegration

Jin-Hyun Cho, DDS, PhD, Kwang-Heon Jo, DDS, PhD, Sung-Am Cho, DDS, PhD,
Kyu-Bok Lee, DDS, PhD, Cheong-Hee Lee*, DDS, PhD

Department of Prosthodontics, School of Dentistry, Kyungpook National University, Daegu, Korea

Purpose: The purpose of this study was to investigate the influence of mobilization on bone-implant interface prior to osseointegration of fixtures. **Materials and methods:** The experimental implants (3.75 mm in diameter, 4.0 mm in length) were made of commercially pure (Grade IV) titanium, and were treated with RBM (MegaGen®: Ca-P). The 80 implants (two in each tibia) were inserted into the monocortical tibias of 20 rabbits which each weighed more than 3.5 kg (Female, New Zealand White). According to the removal torque interval, the groups were divided into 10 groups, Group I (6 wks), Group II (4 days + 6 wks), Group III (4 days + 1 wk + 6 wks), Group IV (1 wk + 6 wks), Group V (1 wk + 1 wk + 6 wks), Group VI (2 wks + 6 wks), Group VII (2 wks + 1 wk + 6 wk), Group VIII (3 wks + 6 wks), Group IX (3 wks + 1 wk + 6 wks) and Group X (10 wks). The control groups were Group I and X, the removal torque was measured at 6 wks and 10 wks with a digital torque gauge (Mark-10, USA). In the experimental groups, the removal torque was given once or twice before the final removal torque and the value was measured each time. After which, the implants were put back where they had been except the control groups. All the experimental groups were given a final healing time (6 wks) before the final removal torque test, in which values were compared with the control groups and the 1st and/or 2nd removal torque values in each experimental group. **Results:** In the final removal torque tests, the removal torque value of Group X (10 wks) was higher than that of Group I (6 wks) in the control groups but not statistically different. There were no significant differences between the experimental groups and control groups ($P > .05$). In the first removal torque comparison, the experimental groups (4 days or 1 wk) values were significantly lower than the other experimental groups (2 wks or 3 wks). In the comparison of each experimental group according to healing time, the final removal torque value was significantly higher than the 1st torque test value. **Conclusion:** Once or twice mobilization of fixture prior to osseointegration did not deter the final bone to implant osseointegration, if sufficient healing time was given. (*J Korean Acad Prosthodont* 2012;50:149-55)

Key words: Osseointegration; Reintegration; Removal torque test

*Corresponding Author: Cheong-Hee Lee

Department of Prosthodontics, School of Dentistry, Kyungpook National University, 188-1, 2ga, Samduk-dong, Jung-gu, Daegu, 700-412, Korea
+82 53 600 7673: e-mail, chlee@knu.ac.kr

Article history

Received March 27, 2012 / Last Revision April 6, 2012 / Accepted July 4, 2012

* A thesis submitted to the Council of the Graduate School of Kyungpook National University in partial fulfillment of the requirements for the degree of PhD in Dental Science June 2011.