

치과용 임플란트에서 지대주 나사의 길이 및 반복 조임 횟수가 지대주 나사의 풀림에 미치는 영향

*서울대학교 치과대학 치과보철학교실, **건국대학교 의과대학 치과학교실

최진호* · 양재호* · 조원표** · 이재봉*

I. 서 론

Brånemark에 의해 골 유착성 임플란트가 처음 도입된 이래¹⁾ 치과용 임플란트는 무치악 환자를 위한 보철 수복으로서 성공적으로 도입되어 왔다.²⁻⁵⁾ 임플란트의 성공적인 수복을 위해선 임플란트 식립 후 임플란트와 골 계면 간의 골 유착이 이루어져야 할 뿐 아니라 장기적으로 상부 보철물에 대한 역학적인 고려가 이루어져야 한다.⁶⁻⁸⁾ 치과 임플란트 보철물의 가장 흔하고 보편적인 문제가 지대주 나사의 풀림 및 파절이다.⁹⁻¹¹⁾ McChlumphy 등¹²⁾ 은 두 개의 부분이 나사에 의해 고정될 때 이 연결 단위를 screw joint라고 정의하였으며, 이는 토오크를 적용함에 의해 조여지며, 이때 가해진 토오크는 나사내에서 힘을 생성시키는데 이를 전하중이라고 한다. 즉 조이면 나사가 신장되어 장력을 발생시키는데 이때 나사의 탄성 회복으로 인해 두 부분을 서로 당기게 되는 잠금력(clamping force)가 생성된다.¹³⁾ 잠금력과 상반되는 힘으로서 screw joint를 엇갈리게 하는 힘을 관절 이개력(joint separating force)이라고 하며, 구강내에서의 관절 이개력을 야기시키는 것으로는 비축 방향의 교합접촉, 측방 변위 접촉, 치아와 임플란트 수복물 사이의 인접면 접촉, 전방유도 접촉, 비기능적인 힘, 임플란트에 연결된 부적합한 보철물 등이 있을 수 있으며¹⁴⁾ 나사 풀림은 관절 이개력이 잠금력보다 더 큰 경우에 일어난다.¹²⁾ Bickford¹⁵⁾ 는 이러한 나사 풀림의 과정을 두 단계로 나타내었는데 일차적

으로 나사 결합부위에 외력(저작력)이 가해져서 나사 결합부위의 전하중의 침식을 일으키고 나사산 사이에 미끄러짐을 일으켜서 결과적으로 전하중의 상실을 야기하게 되며, 이에 따라 두번째 단계에서는 전하중이 일정한 값 이하로 줄어들게 되고 외력과 진동에 의해 마주보는 나사산이 회전을 일으킨다고 하였다. 임플란트 지지 보철물의 나사 풀림을 야기하는 기전중의 하나로서 settling effect가 있다. settling effect는 임플란트에서 마주보는 두면 사이의 microroughness 때문에 일어나며 거친 표면이 하중 하에서 마모가 이루어지면서 두면이 더 가까워지는 현상을 말하며¹⁴⁾ Shigley는 초기 전하중의 10% 정도가 이러한 surface settling 과정에서 상실된다고 보고하였다.¹⁶⁾ 이로 인해 일반적으로 나사산의 마찰은 초기 조임과 풀림에서 가장 높으며 반복적인 조임과 풀림을 시행할수록 감소하게 되며^{17,18)} 이로 인해 많은 연구에서 초기 나사 조임 후의 주기적인 retightening을 제안하였다.^{13,19,20)} 즉 Siamos는 in vitro 연구에서 초기 토오크 적용 후 10분 후에 지대주 나사의 retightening을 제안하였다.²⁰⁾ 그러나 이러한 반복적인 지대주 나사의 조임에 대해 풀림 토오크 값의 점진적인 감소를 나타내는 연구가 보고 되었는데²¹⁾ 이는 반복적인 나사의 조임과 풀림에 의해 지대주 나사와 다른 마주보는 구성 요소간의 마찰로 인한 metallic wear가 생겨서 전하중이 감소된다는 것이다. 또한 치과 임플란트 보철물의 문제점중의 하나가 지대주 나사의 파절인데 임플란트에 과부하가 가

해져 임플란트의 지대주 나사가 파절 되었을 경우 상부에 있는 파절된 잔존 나사 부분의 제거가 문제가 되어왔다. 물론 이의 제거를 위해 견고하고 끝으며 끝이 뾰족한 probe나 explorer 등을 이용하여 거꾸로 돌려서 제거 하는 법, low speed handpiece로 나사 머리 부위에 위치시켜 역회전 또는 나사 측면에 위치시켜 정회전 방향으로 회전시키는 방법, coronal part에 horizontal groove를 형성하여 screw driver를 이용하여 제거하는 방법 및 지대주 나사 제거용 special kit로 제거하는 방법²²⁾ 등이 있으나, 이는 어느 정도 임플란트 내면의 나사산을 손상시킨다는 단점이 있다. Sopwith의 screw thread에서의 load distribution에 대한 연구²³⁾에 따르면 공학적인 측면에서 나사의 길이는 나사의 고정을 위해 이차적인 역할밖에 수행하지 못하며 약 3-4개의 나사산 정도면 상부구조를 팽팽하게 고정시키기에 충분하다고 하였다. 왜냐하면 발생된 신장내력은 최초의 3-4개의 나사산 내에서 소멸되며 나사의 첫번째 나선 홈에서 이미 전체 장력의 약 1/3을 막아내므로 그 이상의 나선 홈은 지지기능을 수행하지 않은 채, 맞물리게 되는 상대편 나사와 단지 형태적으로만 자리잡기 때문이라는 것이다. 이와 같은 공학적 측면에서의 screw의 길이에 따른 나사 풀림의 영향이 치과 임플란트 보철물에서도 비슷한 결과를 나타내는지 검증이 필요하다. 이의 결과를 토대로 지대주 나사 파절시에 파절된 잔존 나사부분의 제거 없이도 상부에 있는 지대주 나사부분만으로 나사를 조임으로서 어느 정도까지 구강내에서 나사 풀림 없이 임플란트 지대주를 고정시킬 수 있는지 예측이 가능하다. 이에 본 연구에서는 반복적인 지대주 나사의 조임과 풀림 시 settling effect와 metallic wear에 의해 풀림 토오크 값에 어떠한 변화가 나타나는지 알아보았으며 또한 지대주 나사의 길이를 다르게 하여 각각의 지대주 나사의 길이에서 조임과 풀림을 반복하였을 경우에 풀림 토오크 값의 변화를 알아보았다.

II. 연구 재료 및 방법

(1) 실험군의 분류

길이 13mm, 지름 4.3mm의 Hexplant (Ti grade IV, Warantec. Co. Ltd. Seongnam, Korea) 임플랜

트 및 각각의 cementation type abutment (Straight abutment) 49개와 지대주 나사(0.4mm/pitch)를 길이에 따라 7 종류로 다르게 제작하여, 지대주 나사의 길이에 따라 7개씩 7 group으로 분류한다.

- group I : 지대주 나사의 나사산의 길이가 1.4mm (3.5 thread)인 지대주 나사로 조인 임플랜트 및 지대주
- group II : 지대주 나사의 나사산의 길이가 1.8mm (4.5 thread)인 지대주 나사로 조인 임플랜트 및 지대주
- group III : 지대주 나사의 나사산의 길이가 2.2mm (5.5 thread)인 지대주 나사로 조인 임플랜트 및 지대주
- group IV : 지대주 나사의 나사산의 길이가 2.6mm (6.5 thread)인 지대주 나사로 조인 임플랜트 및 지대주
- group V : 지대주 나사의 나사산의 길이가 3.0mm (7.5 thread)인 지대주 나사로 조인 임플랜트 및 지대주
- group VI : 지대주 나사의 나사산의 길이가 3.4mm (8.5 thread)인 지대주 나사로 조인 임플랜트 및 지대주
- group VII : 지대주 나사의 나사산의 길이가 3.8mm (9.5 thread)인 지대주 나사로 조인 임플랜트 및 지대주

(2) 임플란트와 지대주 고정 시편 제작

임플란트와 지대주 고정 시편을 레진 블록으로 제작한다.

(3) 지대주 연결

torque controller (MGT50, MARK-10 Inc., USA)를 이용하여 30Ncm torque로 지대주 나사를 연결한다.

(4) 조임 및 풀림의 반복 및 풀림 토오크 값 측정

각 그룹별로 지대주 나사를 1회부터 10회까지 조임(30 N)과 풀림을 반복한 후 매회당 풀림 토오크 값을 측정한다.

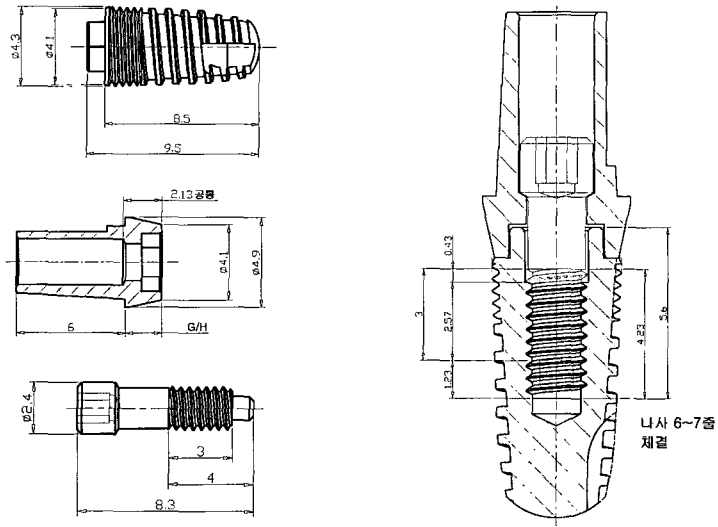


Fig. 1. Hexplant and straight abutment.

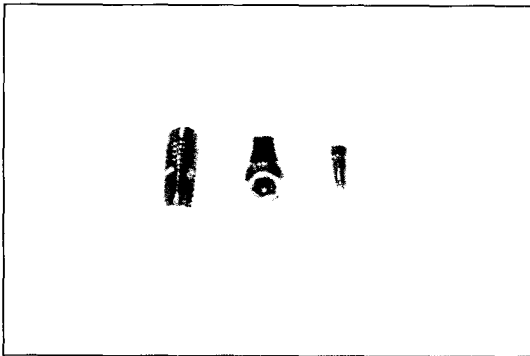


Fig. 2. Hexplant and straight abutment.

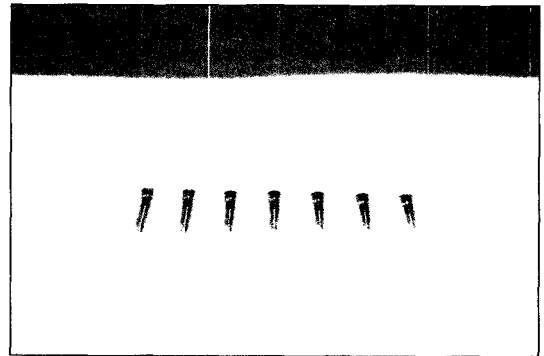


Fig. 3. Abutment screws.

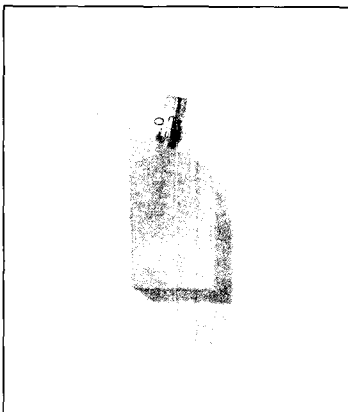


Fig. 4. Resin block specimen.



Fig. 5. Torque controller.

Ⅲ. 연구결과

지대주 나사의 길이에 따라 분류한 Group별로 10회 동안의 풀림토크값의 측정치의 평균값과 표준편차는 Table I~VIII과 같다.

본 실험 결과의 분석에는 각 그룹별, 횡수별 유의성 및 각 그룹내에서 횡수별 유의성을 검정하기 위하여 Repeated ANOVA test를 하였다.

횡수별, 그리고, 그룹에 따른 횡수별 측정치의 변화 유의성을 검정하기 위하여 먼저, sphericity의 가

Table I. The mean value of removal torque in the group I

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
N	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
Mean	24.214	25.429	25.071	24.64	24.429	24.36	24.357	23.71	23.36	22.714
SD	1.1495	0.7868	0.9322	1.069	1.3363	1.144	0.9880	1.318	1.406	1.5507

Table II. The mean value of removal torque in the group II

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
N	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
Mean	24.714	25.357	25.286	25.00	24.786	24.64	24.714	24.00	23.64	23.214
SD	1.9334	2.0558	1.6547	1.414	1.3184	1.215	0.8591	1.000	1.069	1.1127

Table III. The mean value of removal torque in the group III

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
N	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
Mean	25.071	26.071	25.714	25.36	25.214	25.00	24.714	24.21	23.79	23.071
SD	0.9759	1.2724	1.8452	2.116	1.9970	1.683	1.6293	1.729	1.551	1.7423

Table IV. The mean value of removal torque in the group IV

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
N	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
Mean	24.214	25.071	24.857	24.71	24.643	24.36	24.143	23.86	23.57	22.786
SD	1.6797	1.3048	1.2150	0.906	1.5469	0.900	0.8997	1.701	1.718	1.5774

Table V. The mean value of removal torque in the group V

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
N	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
Mean	24.500	25.429	25.143	25.07	24.786	24.71	24.571	23.64	23.43	23.214
SD	1.0801	1.2724	1.0293	0.886	1.5507	1.868	1.5392	1.819	2.244	2.4300

Table VI. The mean value of removal torque in the group VI

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
N	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
Mean	24.286	26.000	25.643	25.36	25.214	25.07	25.143	24.50	24.00	23.143
SD	1.1127	1.8028	1.7962	1.435	1.2199	1.397	1.4058	1.414	1.732	1.9940

Table VII. The mean value of removal torque in the group VII

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
N	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
Mean	24.571	25.500	25.286	25.07	24.714	24.50	24.429	23.79	23.21	23.071
SD	1.9242	2.0000	2.4471	2.423	2.4976	2.415	2.4226	2.038	1.680	1.4840

Table VIII. Descriptive statistics

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
N	49	49	49	49	49	49	49	49	49	49
Min	21.5	22.00	22.5	22	21.5	21	21.0	21	21	19.5
Max	27.5	28.00	28.0	29	28.0	28	27.5	27	27	27.0
Mean	24.510	25.551	25.286	25.03	24.827	24.66	24.582	23.96	23.57	23.031
SD	1.3975	1.4974	1.5579	1.487	1.6058	1.512	1.4192	1.530	1.575	1.6407

Table IX. Tests of Between-Subjects Effects

Source	Type III Sum Of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Intercept	294147.001	1	294147.001	14889.288	.000
group	26.489	6	4.415	.223	.967
Error	829.736	42	19.756		

Table X. Pairwise Comparisons

(I)freq	(J)freq	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.*	95% Confidence Interval for Differencea	
					Lower Bound	Upper Bound
2		-1.041*	.092	.000	-1.227	-.855
3		-.776*	.118	.000	-1.013	-.538
4		-.520*	.142	.001	-.807	-.234
5		-.316	.172	.073	-.663	.030
6		-.153	.192	.431	-.541	.235
7		-.071	.199	.721	-.473	.330
8		.551*	.201	.009	.145	.957
9		.939*	.224	.000	.488	1.390
10		1.480*	.249	.000	.977	1.982

Based on estimated marginal means

*. The mean difference is significant at the .05 level

a. Adjustment for multiful comparisons : Least Significant Difference (equivalent to no adjustments).

정을 만족하는지 검정하여야 하며, 위의 결과 $p=0.000$ 으로 sphericity의 가정을 만족하지 않았다. 따라서, 구형성이 가정되지 않는 결과를 살펴 보았다.

즉, Greenhouse-Geisser로부터 보면 횡수에 대한 $p=0.000$ 로 횡수에 따라 측정치가 다름을 알 수 있

다. 횡수*group에 대한 $p=0.999$ 로 group에 따라 횡수에 따른 변화가 다르지 않음을 알 수 있다.

Group별 유의성을 검정한 결과는 $P=0.97$ 로 group간에 유의하지 않았다.

다음은 횡수별 pairwise 검정 결과이다.

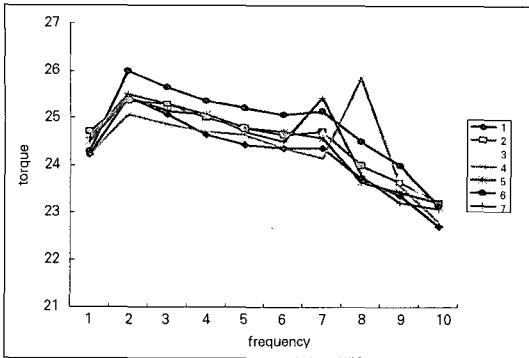


Fig. 6. The value of removal torque as a function of frequency for the groups.

위의 p-value는 양측검정에 대한 결과이므로, 실제 단측검정에 대한 p-value는 위의 p-value의 0.5배이다. 즉, 1 vs. 8회에 대한 $p=0.009/2=0.0045$ 이다. 유의수준 0.05에서 (bonferroni correction에 의하여 각 검정에 적용할 $p=0.05/9=0.0056$) 1회보다 유의하게 높은 횟수는 2, 3, 4회이며, 8, 9, 10회는 1회보다 유의하게 낮았다.

결론적으로, 측정치는 group별 유의하지 않았고 ($p=0.97$), 횟수에 따라 유의하게 변화하였다 ($p=0.000$). 특히, 유의수준 0.05에서 1회와 비교하여 2, 3, 4회는 측정치가 유의성 있게 높았고, 8, 9, 10회는 측정치가 유의성 있게 낮았다.

IV. 총괄 및 고안

치과용 임플란트의 보철적인 문제점으로 임플란트에 보철물을 연결하는 지대주 나사의 풀림 현상이 보고 되고 있으며^{8-11,24)} Jemt 등은 단일 임플란트 치아 수복에 있어서 처음 1년 동안 26%에서 지대주 나사의 retightening이 필요하였다고 하였다.⁹⁾ 이러한 나사 풀림 현상은 기계적 공차¹⁸⁾, 구성성분²⁵⁾, 금속의 피로도²⁶⁾, 기능시의 미세운동, 비축방향의 교합력²⁷⁾, 적용된 토크와 전하중²³⁾, 치조골의 탄성도, 나사의 settling²⁸⁾ 등과 관련이 있는 것으로 알려져 있다. 일반적으로 관절내 전하중은 가해진 토크 값과 비례하며, 나사의 직경 및 상수 K(평활도, 정확도, joint 내 접촉면의 윤활도와 관련된 수치)에 반비례한다. 여기서 상수 K는 마찰 계수와 비례한다. 즉 전하중

은 나사의 길이와는 직접적인 관련성이 없으며 오히려 나사의 길이의 증가로 인해 마찰 계수의 증가를 가져와 전하중의 감소를 나타낸다고 하는 연구도 있다.²⁹⁾ 그래서 최근 지대주 나사의 형태는 flat head seat, long stem length, 6 thread length 등으로 구성되어 있는 것이 보편적이다.²⁹⁾ 이는 가해진 토크가 마찰로 인해 감소되는 것을 최소한으로 하여 전하중을 최대화하는데 목적이 있다. 즉 증가된 stem length는 지대주 나사의 적절한 elongation을 제공하고, 짧은 나사산 길이는 마찰을 감소하게 된다는 것이다. 나사 조임 후의 응력 집중에 대한 Peterson 등의 연구³⁰⁾에서 보면 나사를 조였을때 응력이 일차적으로 집중되는 위치는 첫번째로 체결된 나사산 부위이며 그 다음 위치는 screw head와 shank의 연결부 위라고 하였다. 이는 Sopwith 등의 연구와 일치하는데 즉, 공학적인 측면에서 나사의 길이는 나사의 고정을 위해 이차적인 역할밖에 수행하지 못하며 약 3-4개의 나사산 정도면 상부구조를 팽팽하게 고정시키기에 충분하다고 하였다. 왜냐하면 발생된 신장내력은 최초의 3-4개의 나사산 내에서 소멸되며 나사의 첫번째 나선 홈에서 이미 전체 장력의 약 1/3을 막아내므로 그 이상의 나선 홈은 지지기능을 수행하지 않은 채, 맞물리게 되는 상대편 나사와 단지 형태적으로만 자리잡기 때문이라는 것이다. 즉 나사산에서의 하중 분포는 나사의 yielding이 일어나지 않는 한계 내에서는 3-4 나사산 이상의 나사의 길이부분과는 무관하며, 나사의 yielding이 일어나게 되면 하중의 부분적인 재분배가 발생한다는 것이다. 일반적으로 치과용 임플란트에서 지대주 나사의 적정 조임 토크 값은 항복강도의 75%이내에서 정해지므로¹²⁾ 지대주 나사에서 조임 토크력에 의한 yielding은 거의 일어나지 않는다. 따라서 그로 인한 하중의 부분적인 재분배는 일어나지 않으므로 하중의 분포는 위에서 언급했듯이 일정한 나사의 길이 이상(3-4개 나사산)에서는 나사의 길이와 무관하게 된다. 또한 가능한 균등한 하중 분배 (load concentration factor H의 감소)를 위해서는 나사산 pitch의 증가, thread angle 및 depth 증가, 윤활도의 증가가 필요하다고 하였다.²³⁾ 본 연구에서는 나사의 길이에 따른 이러한 공학적인 이론이 치과용 임플란트 지대주 나사에서 도 적용이 되는지 알아보았다. 1회부터 10회까지 반

복적인 조임(30Ncm)과 풀림을 반복하였을 때 풀림 토오크 값은 group I 에서 group VII 까지 횡수별로 그룹간의 유의성이 없었다.($p=0.97$) 본 실험에 사용한 WARANTEC의 Hexplant에서 실제 시판되는 지대주 나사의 나사산의 길이는 group V의 지대주 나사 즉 3.0 mm (7.5 thread)이며, 이중 불완전 나사 부분과 임플란트와 contact이 되지 않는 부분 (0.43mm, 1.075 thread)을 제외한 실제 임플란트 내면의 나사산과 체결되는 유효 나사산의 길이는 2.57mm(6.425 thread)이다. 본 연구에서는 실제 시판되는 지대주 나사 길이인 그룹 V를 기준으로 1 pitch에 해당하는 0.4mm씩 길이를 변화시켜서 group I 부터 group VII 로 분류하였다. 즉 임플란트 내면의 나사산과 체결되는 유효 나사산의 길이는 그룹 I 에서 2.425 thread, 그룹 II 에서 3.425 thread, 그룹 III 에서 4.425 thread, 그룹 IV 에서 5.425 thread, 그룹 V 에서 6.425 thread, 그룹 VI 에서 7.425 thread, 그룹 VII 에서 8.425 thread 가 된다. 즉 그룹별로 임플란트 내면의 나사산과 체결되는 유효 나사산의 길이는 최소 2.425 thread부터 8.425 thread 이지만 Sopwith의 이론처럼 첫번째 나사산에서 대부분의 응력이 분포되므로 그룹 I에 해당하는 2.425 thread 이상의 나사산에서는 길이에 따른 응력분포의 차이가 크지 않음으로 인해 removal torque값에서의 차이도 나타나지 않은 것으로 분석된다. 즉, 이 실험의 결과로만 본다면 임플란트 지대주 나사의 나사산은 체결되는 유효 나사산이 2.425 나사산 이상부터는 체결 후 풀림 토오크 값에 차이를 나타내지 않는다고 예측을 할 수 있으며 이는 임플란트 보철물의 문제점 중에 지대주 나사의 파절시 파절된 위치에 따라서는 하부에 파절된 지대주 나사 부분의 제거 없이도 상부에 있는 지대주 나사를 다시 조임에 의해 파절 전에 조였을 때와 비슷한 전하중을 나타낼 수 있다고 생각할 수 있다. 즉 지대주 나사의 파절시 상부에 있는 지대주 나사의 유효 나사산이 2.425 나사산 이상인 경우 그대로 다시 조여도 원래 길이의 새로운 지대주 나사를 체결하여 조이는 것과 풀림 토오크 값에서 차이가 없다는 것이다. 이전에 언급했듯이 Binnon PP 등이 기술한 일반적인 지대주 나사의 형태로써 flat head seat, long

stem length, 6 thread length 등이 있는데, 증가된 stem length는 적절한 elongation에 도움을 주고, 짧은 thread length는 마찰을 감소시킨다고 하였다.²⁹⁾ 즉 3-4개의 나사선 정도면 지지기능을 수행하는데 충분하며 thread 길이가 길수록 마찰이 증가하기 때문에 6개 정도의 나사산(이중 유효 나사산은 4-5개)이 보편적으로 쓰이는 지대주 나사의 길이라고 하였는데 이는 본 실험과 유사한 결과를 보였다.

또한 반복적인 조임과 풀림의 실험을 통해 settling effect에 의한 전하중의 증가와 기계적인 마모로 인한 전하중의 감소에 대한 영향을 알아보았는데 풀림 토오크값은 반복적인 조임 횡수에 따라 유의하게 변화하였는데 ($p=0.000$). 특히 1회째의 풀림 토오크 값(24.510 N)과 비교하여 2,3,4,5,6,7 회까지의 풀림 토오크 값은 더 높았으며, 2회 때의 풀림 토오크 값(25.551 N)이 최대이며 횡수를 반복할수록 풀림 토오크 값의 감소를 나타냈다. 이중 2, 3, 4 회에는 1회 때와 비교하여 풀림 토오크 값이 유의 수준 0.05에서 볼 때 유의성이 있게 높았고, 8, 9, 10회는 측정치가 유의성이 있게 낮은 값을 나타냈다. 처음 조임과 풀림 후 2회째 조임 후의 풀림 토오크 값이 최대인 것은 surface irregularity의 감소 즉 settling effect로 인한 preload의 증가에 대한 영향이고, 그 이상의 조임과 풀림을 반복했을 때에는 금속간의 마모로 인해 screw head와 thread의 마찰의 증가가 나타나면서 전하중의 감소가 나타나며 그로 인해 opening resistance의 감소, 즉 풀림 토오크값의 감소가 나타나게 되었다고 사료된다. 즉 공학적인 관점에서 볼 때 타이타늄 임플란트 나사산과 타이타늄 지대주 나사의 나사산 사이에 2가지 동일한 물질 사이의 밀접한 sliding 동안에 생겨나는 adhesive wear의 한 형태인 galling이 일어나며¹⁵⁾ 이로 인해 지대주 나사의 반복적인 조임과 풀림 시에 preload의 감소를 야기하게 된다. 즉 조임과 풀림을 반복하였을 경우 마주보는 나사산 사이의 surface irregularity의 감소로 인한 settling effect와 동시에 같은 종류의 나사들 간의 마찰 저항으로 인한 adhesive wear(galling)가 동시에 일어나게 된다. 이러한 실험 결과는 Weiss 등의 연구에서²²⁾ 지대주 나사의 removal torque value during 30 consecutive closure/opening trials를 측정할 결

V. 결 론

과와 유사한다. 본 실험에서 반복적인 조임과 풀림 시 2회부터 7회 정도의 조임에서는 settling effect에 의한 영향이 우세하여 전하중의 증가가 일어나서 처음 조임 후 풀었을 때 보다 더 높은 풀림 토오크 값을 나타냈고, 특히 2회 조임시에 가장 높은 preload 값을 갖는 걸로 나타났다. 또 8회에서 10회까지의 조임에서는 adhesive wear로 인한 영향이 커서 처음 조였을 때보다 점차적으로 더 낮은 전하중을 나타내게 되어 조임을 반복할수록 풀림 토오크 값의 점진적인 감소를 나타냈다. 본 실험의 결과는 Siamos²⁰⁾ 등의 나사 풀림을 줄이기 위해선 settling effect를 보상하기 위해 초기 조임 후 10분 후에 다시 retightening을 해야 한다고 하는 주장과 일치한다. 또한 Tzenakis et al³¹⁾ 등의 지대주 나사로써 금 나사를 사용했을 경우 기공과정에서부터 try-in appointment 까지 여러 번 반복적으로 조임과 풀림을 반복했던 "sound used gold screw"를 final tightening에서도 사용해야 더 높은 전하중을 얻을 수 있다고 하는 연구 결과와도 일치한다. 즉 본 실험의 결과로만 본다면, Warantec의 Hexplant 시스템에서는 기공과정과 try-in 과정에서부터 사용했던 타이타늄 지대주 나사를 보철물의 최종 장착 시에도 사용하면 더 높은 전하중을 얻을 수 있다고 생각된다. 본 연구에서 30Ncm으로 나사를 체결하였는데 이는 Siamos 등이 제안한 나사 풀림을 방지하기 위해 추천한 적정 조임 토오크 값을 근거로 하였다.²⁰⁾ 또한 본 실험에서 사용된 지대주 나사는 타이타늄 합금으로 구성되어 있으며 표면에 dry lubricant (pure gold 또는 amorphous carbon) 등이 coating되어 있지 않은데, 지대주 나사의 표면 coating에 의해 조임 시에 friction을 줄일 수 있고 그로 인해 주어진 조임 토오크 값에서 더 많은 지대주 나사의 회전이 가능하여 더 큰 전하중을 나타낼 수 있다고 하는 연구³²⁾도 있었다. 본 실험에서는 지대주 나사의 길이에 따른 풀림 토오크 값의 변화를 알아보았는데 이는 일정한 반복하중을 가하지 않고 단지 조임 후의 풀림 토오크 값을 나타낸 것이므로 실제 구강 내 환경에서의 풀림 토오크 값의 변화를 알기 위해선 일정한 반복 하중 하에 지대주 나사의 길이에 따른 풀림 토오크 값의 변화에 대한 연구가 필요할 것이다.

길이 13mm, 지름 4.3mm 의 Hexplant (Ti grade IV, Warantec. Co. Ltd. Seongnam, Korea) 임플란트 및 각각의 cementation type abutment (Straight abutment) 49개와 지대주 나사(0.4mm/pitch)를 길이에 따라 7 종류로 다르게 제작하였고, 지대주 나사의 길이에 따라 7개씩 7 group으로 분류하여 임플란트와 지대주 고정 시편을 레진 블록으로 제작한 후 torque controller(MGT50, MARK-10 Inc., USA)를 이용하여 30Ncm torque로 지대주 나사를 연결한 후 각 그룹별로 지대주 나사를 1회부터 10회까지 조임과 풀림을 반복한 후 매 회당 풀림 토오크 값을 측정하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 풀림 토오크 값은 group I 부터 group VII 에서 1회부터 10회까지 횟수 별로 그룹간의 유의성이 없었다($p=0.97$).
2. 지대주 나사의 파절시 상부에 있는 지대주 나사의 유효 나사산이 2.425 나사산 이상인 경우 하부에 있는 지대주 나사의 잔존 부분의 제거 없이 그대로 다시 조여도 원래 길이의 지대주 나사를 체결하여 조이는 것과 전하중에서 차이가 없다.
3. 1회째의 풀림 토오크 값(24,510 N) 과 비교하여 2, 3, 4, 5, 6, 7회까지는 풀림 토오크 값이 높았으며, 2회 때의 풀림 토오크 값(25,551 N)이 최대이며 횟수를 반복할수록 풀림 토오크 값의 감소를 나타냈으며 이중 2, 3, 4 회에는 1회 때와 비교하여 풀림 토오크 값이 유의 수준 0.05에서 볼 때 유의성이 있게 높았고, 8, 9, 10 회에는 측정치가 유의성이 있게 낮은 값을 나타냈다.
4. 반복적인 조임과 풀림 시 2회부터 7회 정도의 조임에서는 settling effect로 인한 영향이 우세하여 전하중의 증가가 일어나서 처음 조였을 때 보다 더 높은 풀림 토오크 값을 나타냈고, 특히 2회 조임 시에 가장 높은 풀림 토오크 값을 나타냈다. 8회부터 10회 조임에서는 adhesive wear로 인한 영향이 우세하여 처음 조였을 때보다 점차적으로 더 낮은 전하중을 나타내게 되어 조임을 반복할수록 풀림 토오크 값의 점진적인 감소를 나타냈다.

REFERENCES

1. Brånemark PI. Osseointegration and its experimental background. *J Prosthet Dent* 1983;50:399-410.
2. Adell R, Lekholm U, Rockler B, Branemark PI. A 15-year study of osseointegrated implants in the treatment of edentulous jaw. *Int J Oral Surg* 1981;10:387-416.
3. Tolman DE, Keller EE. Endosseous implant placement immediately following dental extraction and alveoloplasty : preliminary report with 6-year follow-up. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1991;6:24-8.
4. Jemt T, Lekholm U. Implant treatment in edentulous maxillae : A 5-year follow-up report on patients with different degrees of jaw resorption. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1995;10:303-11.
5. Zarb GA, Jansson T, Jemt T. Other prosthodontic applications. *Quintessence Int* 1985:283-292.
6. Burquette RL, John RB, King T, Patterson EA. Tightening characteristic for screwed joint in osseointegrated dental implant. *J Prosthet Dent* 1994;71(6):592-599.
7. Zarb GA, Schmitt A. The longitudinal clinical effectiveness of osseointegrated dental implants. The Toronto study. Part III : Problem and complications encountered. *J Prosthet Dent* 1990;64:185-194.
8. Misch CE. Contemporary implant dentistry, St.Louis: Mosby;1993.
9. Jemt T, Laney WR, Harris D, Henry PJ, Krogh P, Polizzi G. Osseointegrated implants for single tooth replacement : A 1-year report from a multicenter prospective study. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1991;6:29-36.
10. Jemt T. Failures and complications in 391 consecutively inserted fixed prostheses supported by Branemark implants in edentulous jaws : A study of treatment from the time of prosthesis placement to the first annual checkup. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1991;6:270-276.
11. Jemt T, Linden B, Lekholm U. Failures and complications in 127 consecutively placed fixed partial prostheses supported by Branemark implants : from prosthetic treatment to first annual checkup. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1992;7:40-44.
12. McGlumphy EA, Mendel DA, Holloway JA. Implant screw mechanics. *Dent Clin North Am* 1998;42:71-89.
13. Haack JE, Sakaguchi RL, Coffey JP. Elongation and preload stress in dental implant abutment screws. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1995;10:529-536.
14. Winkler S, Ring K, Ring JD, Boberick KG. Implant screw mechanics and settling effect : overview. *J Oral Implantol* 2003; 29(5):242-5.
15. Bickford JH. An introduction to the design and behavior of bolted joints. New York : Marcel Dekker, 1981.
16. Shigley JE, Mischke CR. Standard Handbook of Machine Designs. New York : McGraw-Hill; 1986.
17. Hagiwara M, Chashi N. New tightening technique for threaded fasteners. Materials and engineering proceedings of the international offshore mechanics and arctic engineering symposium. New York : American Society of mechanical Engineers; 1992.
18. Jorneus L, Jemt T, Carlsson L. Loads and designs of screw joints for single crowns supported by osseointegrated implants. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1992;7:353-359.
19. Bakaeen LG, Winkler S, Neff PA. The

- effect of implant diameter, restoration design, and occlusal table variations on screw loosening of posterior single-tooth implant restorations. *J Oral Implantol* 2001;27:63-72.
20. Siamos G, Winkler S, Boberick KG. The relationship between implant preload and screw loosening on implant-supported restorations. *J Oral Implantol* 2002;28:67-73.
 21. Luterbacher S, Fourmoussis I, Lang NP, Bragger U. Fractured prosthetic abutments in osseointegrated implants : a technical complication to cope with. *Clin Oral Implants Res* 2000;11(2):163-170.
 22. Weiss EI, Kozak D, Gross MD. Effect of repeated closures on opening torque values in seven abutment-implant systems. *J Prosthet Dent* 2000;84(2):194-9.
 23. Sopwith DG. The distribution of load in screw threads. *Proc Inst Mech Eng* 1948;159:373-383.
 24. Naert I, Quirynen M, van Steenberghe D, Darius PA. Six year prosthodontic study of 509 consecutively inserted implants for the treatment of partial edentulism. *J Prosthet Dent* 1992;67:236-45.
 25. Jaarda MJ, Razzoog ME, Gratton DG. Comparison of "look-alike" implant prosthetic retaining screws. *J Prosthodontics* 1995;4:23-27.
 26. Patterson EA, Johns RB. Theoretical analysis of the fatigue life of fixture screws in osseointegrated dental implants. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1992;7:26-33.
 27. Weinberg LA, Kruger B. A comparison of implant/prosthesis loading with four clinical variables. *Int J Prosthodont* 1995;8:421-33.
 28. Binon P, Franz, Brunski J, Gulbransen H. The role of screws in implant systems. *Int J Oral Maxillofac Implants*.1994;9(supplement):48.
 29. Binon P. Implants and components: Entering the new millennium. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2000;15:76-94.
 30. Peterson RE. *Stress Concentration Factors*. New York: John Wiley & Sons; 1974.
 31. Tzenakis GK, Nagy WW, Fournelle RA, Dhuru VB. The effect of repeated torque and salivary contamination on the preload of slotted gold prosthetic screws *J Prosthet Dent* 2002;88(2):183-191.
 32. Byrne D, Jacobs S, O'Connell B, Houston F, Claffey N. Preloads generated with repeated tightening in three types of screws used in dental implant assemblies. *J Prosthodont* 2006;15(3):164-171.

Reprint request to:

Jai-Bong Lee, D.D.S., M.S.D., Ph.D.

Department of Prosthodontics, College of Dentistry, Seoul National University
28-1, Yeongun-Dong, Chongno-Gu, Seoul, 110-749, Korea
swallow@snu.ac.kr

ABSTRACT

THE INFLUENCE OF ABUTMENT SCREW LENGTH AND REPEATED TIGHTENING ON SCREW LOOSENING IN DENTAL IMPLANT

Jin-Ho Choi*, D.D.S., M.S.D., Jae-Ho Yang*, D.D.S., M.S.D., Ph.D.,
Won-Pyo Cho**, D.D.S., M.S.D., Ph.D., Jai-Bong Lee*, D.D.S., M.S.D., Ph.D.

**Department of Prosthodontics, Graduate School, Seoul National University*

*** Department of Dentistry, College of Medicine, Konkuk University*

Statement of problem: One of common problems associated with dental implant is the loosening of abutment screws that retain the implants.

Purpose: This study was performed to investigate the influence of abutment screw length and repeated tightening on screw loosening in dental implant.

Material and method:

Forty nine Hexplants (13mm length, 4.3mm diameter, Ti grade IV, Warantec. Co. Ltd. Seongnam, Korea) and cementation type abutments(straight abutment) and abutment screws (0.4mm/pitch) were divided into 7 groups, depending on abutment screw length. Each implant and abutment was tightened to 30Ncm by torque controller(MGT50, MARK-10 Inc., USA) and the removal torque values were measured during 10 consecutive closure/opening trials

Results and Conclusion:

The results of comparing the removal torque value are as follows:

1. There is no significant difference in the removal torque value between groups in 10 consecutive closure/opening trials($p=0.97$).
2. If the fractured abutment screw is engaged in longer than 2.425 thread length, there is no significant difference in the preload between the fractured abutment screw and the new abutment screw when both are equally tightened to 30 Ncm
3. The removal torque value in the 1st trial(24.510 Ncm) was lower than that in the 2nd,3rd,4th,5th,6th,7th trials and the removal torque value in the 2nd trials(25.551 Ncm) was maximum and was decreased in following trials. The removal torque value in the 1st trial was significantly lower than that in the 2nd,3rd,4th trials and was significantly higher than that in the 8th,9th,10th trials($p<0.05$).
4. In the 2nd,3rd,4th,5th,6th,7th trials, the abutment screw was mainly influenced by settling effect and the higher preload was obtained. In the 8th,9th,10th trials, the abutment screw was mainly influenced by adhesive wear and the progressively lower preload was obtained.

Key words: Abutment screw length, Repeated tightening, Screw loosening, Removal torque value