임플란트 지대주나사 코팅이 결합안정성에 미치는 영향

전남대학교 치의학전문대학원 보철학교실, *치과방사선학교실

임현필 · 박영선 · 방몽숙 · 양홍서 · 박상원 · 윤숙자*

본 논문의 목적은 코팅처리의 기계적 성질과 임플란트 지대주나사의 코팅처리가 고정체와의 결합안정성에 미치는 영향을 연구하고자 함이다. 이를 위해 Megagen 임플란트 시스템과 직경 15 mm, 높이 1 mm의 티타늄원판을 사용하였다. 지대주 나사와 원판에 TiN, TiCN, 및 TiC를 코팅하여 실험군으로, 코팅처리하지 않은 것을 대조군으로 하였다. 실험군은 지대주나사를 32 Ncm로 체결한 후 풀림회전력과 조임회전각을 측정하고, 10만 번씩 저작 모방 시험을 실시하여 풀림회전력의 변화를 관찰하였다. 조임회전각은 TiCN, TiC코팅나사에서 코팅하지 않은 나사보다 크게 나타났다($p<0.05$). 그러나 풀림회전력은 TiCN, TiC코팅나사에서 코팅하지 않은 나사보다 낮게 나타났다($p<0.05$). 저작 모방 시험후 코팅한 나사에서 코팅하지 않은 나사보다 풀림 회전력이 더 높게 나타났으며 풀림회전력은 건조상태와 습윤상태 사이에 유의한 차이가 없었다. 이상의 결과로 TiC 코팅군은 저작 모방 시험 전에는 풀림회전력이 낮았지만 저작 모방 시험 후에는 낮은 마찰계수로 인한 높은 풀림회전력과 조임회전각을 가져 임플란트 지대주나사의 결합안정성에 영향을 미치는 효율적인 방법임을 시사한다.

주요어: 결합안정성, 조임회전각, 지대주나사, 코팅처리, 풀림회전력

(대한치과턱관절기능교합학회지 2009:25(2):157~169)

서 론

골유착성 임플란트가 Brånemark 등에 의해 소개된 이후 많은 발전을 이루어 현재 통계적으로 90 % 이상의 높은 성공률을 보이고 있다[1]. 고정체와 보철물을 연결해주는 지대주나사는[2] 임상적으로 사용하는 과정에서 풀릴 수 있다는 문제점을 가지고 있으므로[3] 임플란트 보철 연결시 나사풀림에도 관심을 기울여야 한다.

나사풀림의 원인으로는 나사신장의 부족, 임플란트의 부적절한 식립위치, 부적절한 교합관계나 치관형태, 그리고 부품간의 불량한 적합도 등이 있다[4-6]. 임상에서는 이러한 나사풀림을 방지하기 위하여 임플란트와 지대주간의 연결형태 변화[7], 기계적 저항형태부여[8], 금나사 및 토크조절기의 사용[9], 나사합착제의 사용[10], 워셔액의 개재[11], 실리콘 폐색장치의 사용[12] 등 다양하게 시도되었으나 최근에는 지대주나사의 코팅을 이용한 방법들이 보고되고 있다[13].

나사 체결시 조임회전력의 일부는 마찰력을

교신저자 : 방몽숙
전남대학교 치의학전문대학원 보철학교실, 광주광역시 북구 용봉동 300번지, 500-070.
팩스: +82-62-530-5639. 이메일 : msvang@chonnam.ac.kr
원고접수일: 2009년 03월 03일, 원고수정일: 2009년 04월 07일, 원고채택일: 2009년 05월 25일

극복하기 위해 사용되기 때문에 모든 회전력이 예비하중으로 전환되는 것은 아니다[14,15]. 조임회전력에 의해 전달되는 에너지의 약 50 %는 지대주나사의 두부와 지대주 사이의 접촉면에서 발생하는 마찰력을, 그리고 약 40 %는 나사산 사이의 접촉면에서 발생하는 마찰력을 극복하는데 소모되며, 오로지 10 %만이 나사 신장에 사용된다. 따라서 일정한 조임회전력 하에서 예비하중을 증가시키기 위해서는 마찰계수가 작은 것을 사용하는 것이 바람직하다[14]. 일반적으로 나사의 마찰계수는 금속의 성질, 기하학적 형태, 표면연마 등에 의해 영향을 받으므로 나사제작에 있어 이러한 요소들의 조절을 통해 마찰계수를 감소시키려 노력하고 있다[16].

현재 개발되어 사용되고 있는 순금코팅나사인 GoldTite® (3i, Implant Innovation Co., USA)와 테프론 코팅나사인 TorqTite® (Steri-oss, Nobel Biocare Co., USA)는 조임과 풀림을 반복적으로 행할 때 코팅물질이 마모, 손상되어 그 효과가 감소된다고 보고되고 있다[17]. 그러므로 이를 개선하기 위하여 반복적인 조임과 풀림의 효과를 높일 수 있고 마찰저항을 최소화하여 표면의 안정성 부여와 동시에 강도를 부여할 수 있는 코팅법이 필요하다[18].

TiN, TiCN, TiC는 내마모성과 내부식성이 강하며 금속과의 결합력이 우수하여 절삭공구 및 기계부품에 이용되고 있으며, cp-Ti보다 고유마찰계수가 낮아 치과 임플란트 지대주나사의 코팅물질로 고려해 볼 만하나 아직 치과영역에서의 보고는 미흡한 실정이다. TiN, TiCN, TiC코팅은 티타늄 타겟에 아크전원을 가해 티타늄을 이온화시키고 질소(N_2), 메탄(CH_4)가스를 분위기 가스로 사용하여 분위기 가스중의 N이나 C가 티타늄이온과 반응하여 얻어진다.

이에 본 연구는 TiN, TiCN, TiC코팅된 지대주나사의 풀림회전력과 조임회전각을 측정하여, 코팅물질이 지대주나사 안정성에 미치는 영향 및 코팅물질에 대한 기계적 성질을 알아보고자 하였다.

연구재료 및 방법

1. 연구재료

1) 고정체와 지대주의 선택

임플란트 고정체는 직경 4.1 mm, 길이 10 mm의 나사형으로 너비 2.7 mm, 높이 0.7 mm 외육각 구조의 hex를 갖는 메가젠 임플란트 시스템(ExFeel®, Megagen Co., Korea)을 사용하였다. 고정체(ExFeel fixture, cp-Ti grade IV)와 9 mm 길이의 실린더 형태를 갖는 지대주(EZ post, cp-Ti grade III)를 각각 140개 씩 선택하였다.

Table I. Abutment screw used in this study

Group	Type of abutment screw	Coating	N
S-NC	cp-Ti gradeⅢ	No coating	35
S-TiN	cp-Ti gradeⅢ	TiN coating	35
S-TiCN	cp-Ti gradeⅢ	TiCN coating	35
S-TiC	cp-Ti gradeⅢ	TiC coating	35
total			140

S: screw NC: no coating

2) 지대주나사의 선택 및 티타늄 원판 제작

조임회전각과 풀림회전력을 알아보기위해 메가젠 임플란트 시스템의 티타늄 나사 (Ti-6Al-4V,cp-Ti grade3) 140개를 선택하여, 코팅방법에 따라 TiN, TiCN 및 TiC을 코팅한 것을 실험군으로, 코팅처리하지 않은 것을 대조군으로 하였다 (Table I).

3) 티타늄 원판

코팅물질의 접착력과 표면경도 그리고 내부식성을 알아보기 위해 ∅15 ㎜×T1 ㎜의 원판을 32개 제작하여, 코팅방법에 따라 D-NC, D-TiN, D-TiCN 및 D-TiC군으로 분류하고 각각 8개씩 코팅하였다.

2. 연구방법

1) 코팅 공정

TiN, TiCN 및 TiC 코팅은 아크이온 플레이팅법(AIP, arc ion plating)을 사용하였다.

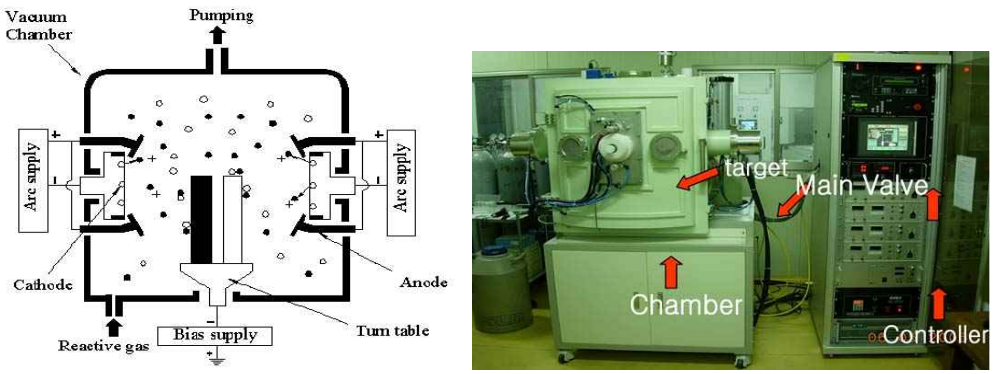
(1) TiN, TiCN 및 TiC 코팅

코팅장비는 AIP-MC-STD-300^{TM}(Atek system, Korea)를 사용하였다(Fig. 1). 지대주나사를 아세톤과 알코올에 각각 15분 세척 후 건조하였다. 시료를 진공챔버에 넣고 초기진공을 1×10^{-5}torr까지 유지하면서 공정압력 20 m torr의 99.999 % 아르곤가스를 주입하여 50 sccm, bias voltage -900 V하에서 1시간동안 이온 세정하였다. 그후 진공도를 1×10^{-5} torr까지 유지하고 bias voltage를 -500 V로 낮추어 타겟을 2-3분간 세정하였다. 다시 진공도를 1×10^{-5} torr까지 유지하면서 interlayer를 코팅하고 TiN, TiCN및 TiC을 각각 지대주나사와 원판에 코팅하였다. 코팅이 완료된 시료는 진공중에서 온도를 30 ℃까지 낮춘 후 진공 쳄버에서 꺼내었다.

2) 조임회전각과 풀림회전력 측정

지대주는 지대주나사에 의해 고정체에 체결하고 32 Ncm의 힘으로 조였다. 풀림회전력은 전자식 토크측정기 MGT12(Mark-10 Corp., USA)를 사용하여 측정하고 조임회전각은 Rotary encoder (Autonics, Korea)를 사용하였다. 회전각은 코팅되지 않는 나사의 체결각도를 기준(0°)으로 하고, 각 코팅되어진 나사의 회전각도와의 차이를 표기하였다.

저작속도와 저작횟수를 제어하는 컨트롤부, 임플란트 위에 압력을 가하는 압력제어부, 그리



(a) (b)

Fig. 1. a) Schematic diagram of arc ion plating(AIP) apparatus, b) Arc ion plating system

고 임플란트를 고정시키는 지그부분으로 구성된 저작모방시험장치를 자체 제작하였다(Fig. 2). 시험장치를 이용하여 수직하중 250 Ncm으로 지대주가 고정된 임플란트를 저작시킨 후 풀림회전력을 측정하여 매 시험마다 새 것을 사용하였다. 건조상태와 습윤상태의 저작시험 전후 표면변화를 검사하였다. 10만 번 저작시험 후에 나사를 풀고 주사전자현미경 S-2400(HITACHI, Japan)으로 검사하였다.



Fig. 2. The device which is designed for the fatigue test

3) 접착성 시험

원판을 각 군으로부터 하나씩 선택하여 접착성 시험을 하였다. 접착력 측정을 위해 압입자 이동 시험(Scratch test)인 Revetest(CSEM Instrument SA., Switzerland)에 의한 측정 결과로 평가하였다. 압입자 이동 시험은 6 mm/min 압입자 이동속도, 0.9 Ncm start load, 50 Ncm End load, 60 N/min loading rate 및 5 mm scratch track length 조건으로 설정하여 시행하였으며 압입자의 반경을 100 ㎛로 하여 코팅 조건변화에 따른 임계하중(접착력 정도를 나타내는 critical load)의 변화양상을 고찰하였다.

임계하중의 측정을 위해 음향방출(acoustic emission)과 마찰계수의 변화양상 관찰을 통해 일차적으로 임계하중을 설정하였다. 압입자 이동시험후에 광학현미경 CK40M(Olympus Co., Japan)으로 관찰하여 최종적으로 이를 시편에 발생한 파괴양상과 비교 분석하여 압입자 전방에 계면분리현상이 발생했을 때를 최종임계하중으로 결정하였다.

4) 표면경도(Vickers hardness test) 측정

코팅을 실시한 시편의 기계적 성질을 조사하기 위해 사용한 경도시험기는 HMV-2 Micro





Fig. 3. Scratch test system

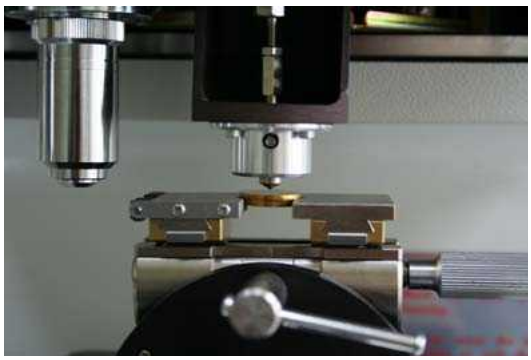


Fig. 4. Vickers hardness tester

Hardness Tester(Shimadzu, Japan)를 사용하였다. 기질금속에 의한 영향을 최소화하기 위해 증착된 원판에 30 g의 하중을 가하였으며 인접 압흔에 의한 영향을 피하기 위하여 각 압흔 대각선 길이의 3배 이상 떨어진 곳에서 경도 시험을 실시하였다. 또한 각 원판의 경도는 7회 이상 측정한 후, 최고값과 최저값을 제외하고 평균값으로 하였다.

5) 통계처리

SPSS 통계프로그램(Release 12.0 SPSS, USA)으로 코팅물질에 따른 차이의 유의성은 Kruskal-Wallis test와 Mann-whitney U test로 95 % 유의수준에서 검증하였다.

연구 성적

1. 조임회전각과 풀림회전력

각각의 마찰계수와 회전조임각에 대한 상관관계를 살펴보기 위해 마찰계수 값을 고유값(Ti 0.67, TiN 0.47, TiCN 0.28, TiC 0.17)을 기초로 하여 그래프로 나타내었다. 고유마찰계수가 작을수록 측정된 조임회전각은 증가하였다.

조임회전각은 마찰계수와 반비례하여 역시 TiC코팅 군에서 가장 큰 값으로 나타났으며 TiCN코팅 군에서 풀림토크의 소실이 가장 많았고 조임회전각은 TiCN과 TiC코팅 군에서 통계학적 유의성을 보였다($p<0.05$). 습윤상태에서의 풀림회전력과 조임회전각을 건조상태와 비교하여 본 결과 유의할만한 차이는 없었다(Table III).

10만 번 저작 모방 시험결과, S-TiCN군을 제외한 S-NC, S-TiN, S-TiC군은 저작 모방 시험 전에 비해 10만 번 저작 모방 시험 후에 풀림회전력이 통계적으로 유의하게 감소하였다. 10만 번 저작 모방 시험 후에 S-TiC군은 다른 군들에 비해 통계적으로 유의하게 높은 풀림회전력을 보였다(Table IV).

습윤상태에서의 10만 번 저작모방시험 결과는 건조상태에서의 어느 군에서와 통계적으로 유의할 만한 차이를 보이지 않았다(Table V).

저작시험 전후의 나사표면을 주사전자현미경

Table II. Removal torque and rotation angle after abutment screws were tightened with 32 Ncm in dry condition (N=8)

Screws	S-NC		S-TiN		S-TiCN		S-TiC	
	Removal torque(Ncm)	Rotation angle(°)	Removal torque(Ncm)	Rotation angle(°)	Removal torque(Ncm)	Rotation angle(°)	Removal torque(Ncm)	Rotation angle(°)
mean	a,b 31.6	a'.b' 52	c 30.7	c' 52.5	a.c.d 27.6	a'.c' 54.5	b.d 30.4	b' 55.4
SD	0.78	2.2	1.33	1.51	1.27	1.2	1.24	1.77

* Original tighting torque is 32 Ncm.

Table III. Removal torque and rotational angle tested in wet condition (N=4)

screw	S-NC		S-TiN		S-TiCN		S-TiC	
	Removal torque(Ncm)	Rotation angle(°)	Removal torque(Ncm)	Rotation angle(°)	Removal torque(Ncm)	Rotation angle(°)	Removal torque(Ncm)	Rotation angle(°)
mean	30.28	52	30.82	52	29.5	54	30.58	56
SD	0.51	1.25	0.69	1.29	0.58	1.29	1.02	1.91

Table IV. Removal torque value according to number of cyclic loading in dry condition (N=5, mean±SD) by Kruskal-Wallis& Mann-Whitney U test

	S-NC	S-TiN	S-TiCN	S-TiC
0	a 31.35±0.77	b 31.20±1.27	28.5±0.63	c 31.00±0.43
100,000	a,a' 26.97±0.85	b,b' 26.47±0.57	c' 27.42±1.07	c,a'-c' 29.35±0.42

a-c, a'-c': different with statistical significance ($p<0.05$)

Table V. Removal torque value according to number of cycles in wet condition (N=4, mean±SD)

	S-NC	S-TiN	S-TiCN	S-TiC
0	30.27±0.51	30.83±0.69	29.5±0.59	30.58±1.02
100,000	29.37±1.78	26.7±0.32	33.30±27.57	29.67±0.4

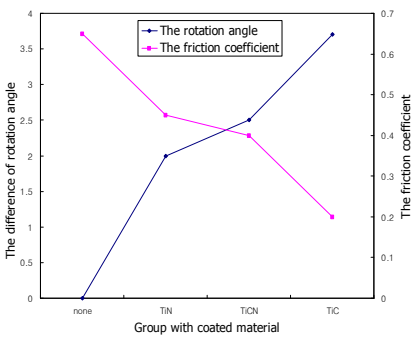
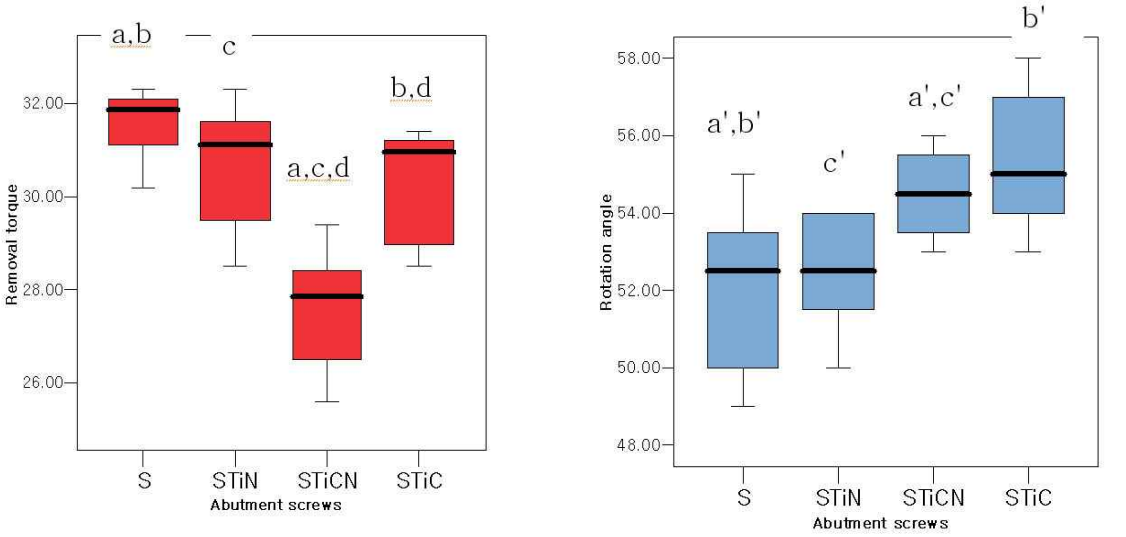


Fig. 5. Relation of inherent friction coefficient vs rotation angle (N=8)

으로 관찰하였다(Fig. 7). 코팅되지 않고 가공만 된 지대주나사는 거친 표면을 가지고 일반적으로 코팅을 실시한 경우는 표면이 매우 매끄럽고 스크렙(scrap)이 잘 관찰되지 않았다. 10만 번 저작 모방 시험을 시행한 후 관찰한 사진을 보면 코팅을 하지 않은 나사에서는 고정체 내부 나사산면(bore thread surface)과 접촉한 부위에서 마찰로 인해 발생한 흔적들이 다수 보이며 코팅을 실시한 나머지 군에서는 강화된 표면강도와 낮아진 마찰계수로 인하여 시험 전과 시험 후에서 유의할 만한 차이는 발견되지 않았다. 또한 Table II, III, IV, V의 경우에서와 같이 건조상태와 습윤상태의 차이도 발견할수 없었다.



a-d: different with statistical significance by Kruskal-Wallis & Mann-Whitney U test ($p<0.05$)

a′-c′: different with statistical significance by Kruskal-Wallis & Mann-Whitney U test ($p<0.05$)

Fig. 6. Removal torque and rotation angle tested in dry condition (N=8)

2. 접착성 시험

코팅물질에 따른 원판의 종류별로 접착강도 시험 후 스크래치 트랙을 광학현미경으로 관찰한 결과, 모두 유사하였다(Fig. 8).

코팅층에 따른 접착강도, 즉 임계하중을 나타낸 그림으로 스크래치 시험 결과 나타낸 코팅층의 접착력은 TiN 코팅한 경우에는 25.5 N, TiCN 코팅의 경우 13.4 N, TiC 코팅의 경우 22.8 N을 나타내고 있다(Fig. 9).

3. 표면경도

코팅층을 달리한 원판에 대한 표면경도시험에서 TiC를 코팅한 군에서 가장 큰 경도를 가졌다 (TiN 2300 Hv, TiCN 300 0Hv, TiC 4000 Hv).

총괄 및 고찰

Bickfold[19]는 나사풀림과정을 두 단계로 나누어 설명하였는데 먼저 나사연결부에 외부하중이 가해지면 나사선 사이에 미끄러짐이 일어나 예비하중이 감소하게 된다. 이 단계에서는 예비하중이 클수록 나사풀림에 대한 저항성이 높아지게 되는데 이는 나사산사이의 마찰력이 클수록 미끄러짐을 야기하기 위해 더 큰 외부하중이 필요하기 때문이다. 다음 단계로 나사의 예비하중이 임계점 이하로 낮아지게 되면 외부하중이나 진동에너지가 접촉하고 있는 나사의 회전을 야기하게 된다. 일단 이 단계에 도달하면 나사 연결부는 기능을 하지 못하고 실패하게 된다.

따라서 예비하중을 나사의 허용 한계 내에서 최대화 하는 것은 나사풀림 예방에 크게 기여한다. 나사의 예비하중을 증가시키기 위해서는 조임 회전력을 증가시키거나 나사의 마찰계수를 감소시키는 두 가지 다른 방법을 생각해 볼 수

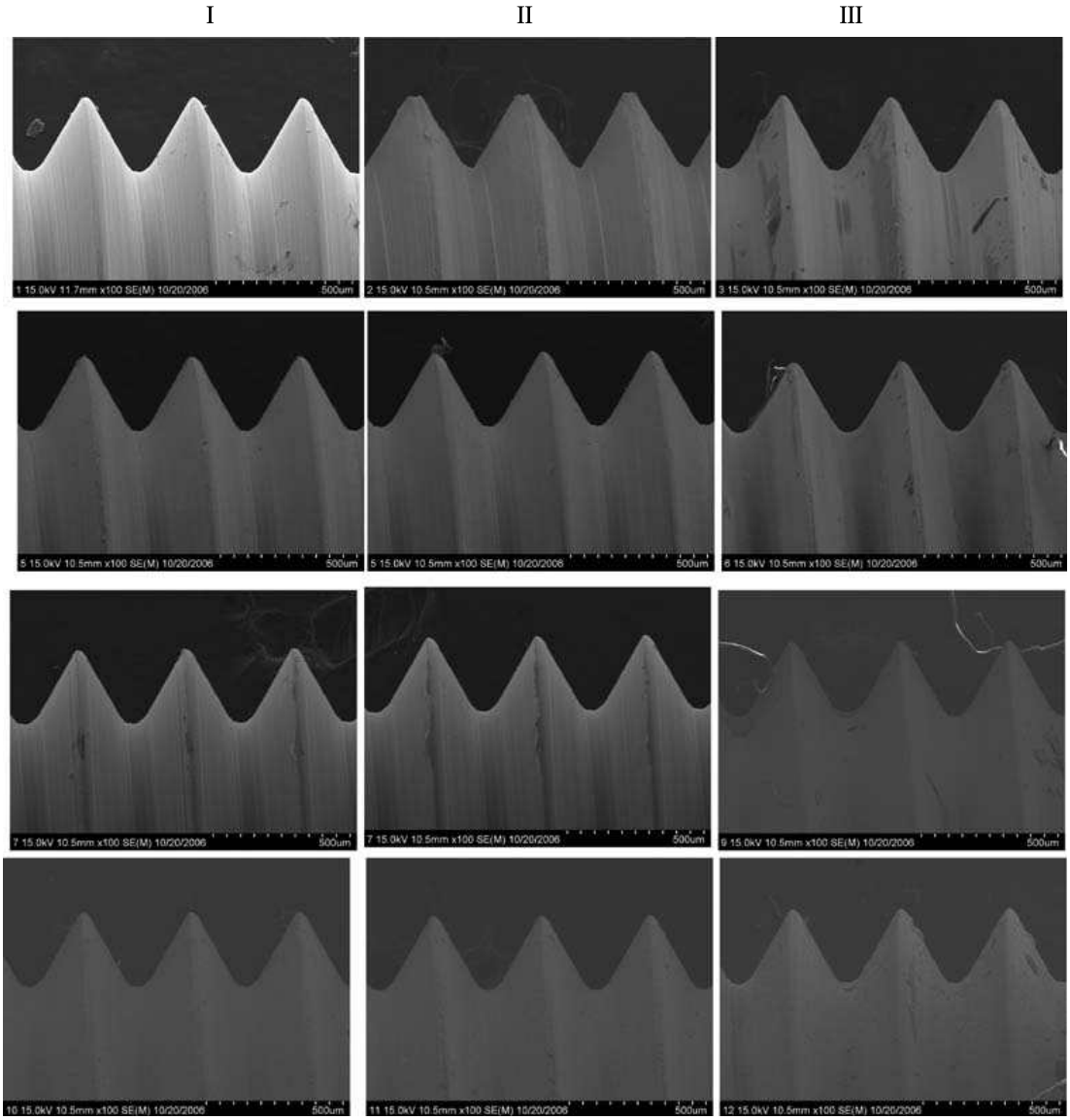


Fig. 7. SEM photographs of screws in pre-test and post-test
A. Titanium alloy screw (×100)
B. TiN coated Titanium alloy screw (×100)
C. TiCN coated Titanium alloy screw (×100)
D. TiC coated Titanium alloy screw (×100)
Ⅰ. Screw in pre-test
Ⅱ. Worn screw after 100,000 cycles of repeated fatigue test(dry condition)
Ⅲ. Worn screw after 100,000 cycles of repeated fatigue test in artificial saliva (wet condition)

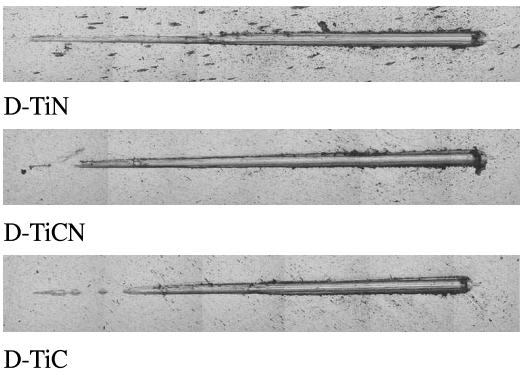


Fig. 8. OM photograph of scratch test track

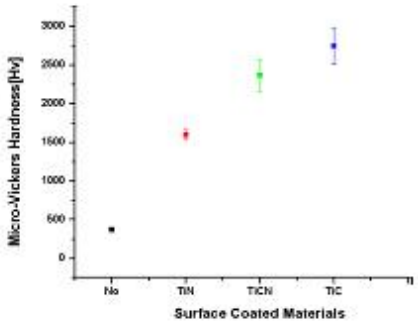


Fig. 10. Micro vickers hardness values of coated surface

있다. 그러나 전자의 경우에는 너무 큰 조임회전력을 가할 경우 나사의 파절 및 임플란트와 골-계면사이의 실패를 가져올 수 있고 또한 가해진 회전력이 모두 예비하중으로 전환되는 것은 아니므로 효율성이 낮다. 반면 후자의 경우에는 동일한 조임회전력으로 예비하중을 효과적으로 증가시킬 수 있는 방법이기 때문에 최근 여러 임플란트 제조사에서는 나사표면을 건조 윤활제로 코팅하여 마찰계수를 감소시킨 나사들을 개발하여 시판하고 있다. 본 연구에서는 건조 윤활제로 고유 마찰계수가 낮은 TiN, TiCN, TiC을 사용하였다.

표면의 마찰계수가 감소하면 나사를 조일 때 예비하중이 증가될 수 있지만 풀리는 저항에 대해서도 문제가 생길 수 있다. Elias 등[13]의 연구에서 모든 경우 풀림토크는 조임회전력보다 감소했고 코팅을 하면 마찰계수가 감소하여 예비하중은 증가하였지만 풀림회전력값은 감소하였다. 구 등[18]은 지대주나사에 TiN과 ZrN을 코팅하여 반복적인 조임과 풀림과정에서 이러한 코팅층이 마찰계수를 낮추는데 기여한다 하였고 곽 등[20]은 Diamond Like Carbon(DLC)을 지대주나사의 코팅이 반복적인 조임-풀림과정에서의 지대주나사의 변형을 방지하고 마찰계수는 낮추었지만

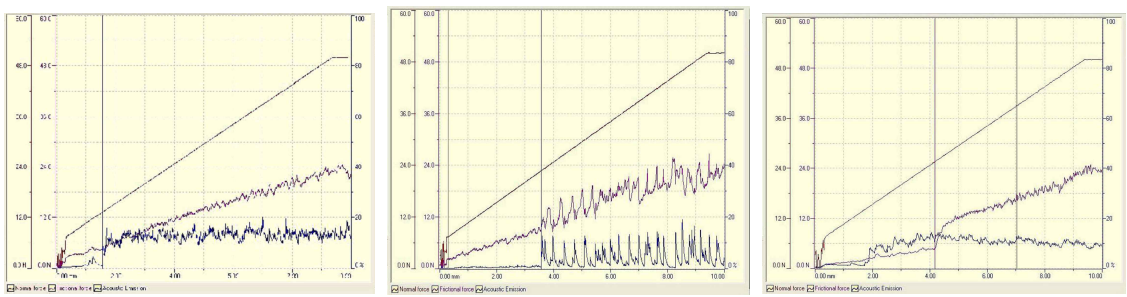


Fig. 9. Evaluation of adhesion strength using scratch test

지대주나사풀림을 방지하는데는 효과가 없었다고 하였다. 본 연구에서 고유 마찰계수와 조임회전각은 반비례적 관계를 갖으며, 주사전자현미경으로 관찰한 결과 코팅을 시행한 경우는 코팅을 하지 않은 경우에 비해 매끄러운 형상을 보였다. 지대주나사의 조임회전각 측정결과 TiCN, TiC 코팅나사군은 코팅하지 않는 군에 비해 조임회전각이 통계적으로 유의하게 컸다. 100,000번 저작모방시험결과, S-TiCN군을 제외한 S-NC, S-TiN, S-TiC군은 저작모방시험 전에 비해 10만번 저작모방시험 후에 풀림회전력이 통계적으로 유의하게 감소하였다. 10만 번 저작모방시험 후에 S-TiC군은 다른 군들에 비해 통계적으로 유의하게 높은 풀림회전력을 보였다. 이는 장기적으로 임플란트를 사용하였을때 TiC코팅한 경우 다른 군에 비해 유리한 결과를 얻을수 있음을 시사한다.

본 연구에서 풀림회전각은 회전조임각과는 달리 마찰계수와 상관관계를 보이지 않았다. 이는 표면회전각이 마찰계수 뿐 아니라 코팅된 표면의 거칠기 정도, 표면강도, 금속의 성질 등 다른 요소와도 연관이 있기 때문으로 생각된다. 10만번 저작 모방 시험결과 풀림회전력이 고유 마찰계수와 반비례하였다. 즉, 마찰계수가 낮은 코팅군에서 풀림회전력이 컸다. 인공타액을 첨가한 습윤상태에서의 결과에서는 건조상태와 비교하여 유의할 만한 차이는 없었다. 이는 보철물 장착시 약간의 타액에 오염이 된다 하더라도 임상적으로 큰 영향을 주지 않을 것으로 생각된다. 그러나 기존에 공업용 액체 윤활제로 사용되는 그리스나 액상 실리콘 등[21]을 묻혀 실험하였던 결과처럼 나사가 조임을 받을 때 발생하는 마찰에 대한 윤활작용을 하기에는 액체 윤활제인 타액의 필름두께가 거의 없고 주변으로 밀려 나가면서 결국 금속간의 마찰을 야기하게 되기 때문에 효과는 크지 않았을 것이다. 또한 본 연구에서는 저작시험장치의 지그부분의 부식가능성 때문에 타액을 담은 용액내에 담그지 않고 고정체에 체결 전 지대주나사에 인공타액을 묻혀 실험을 하여 구강상태를 완전히 재현하기는 어려웠다.

저작시험의 경우 풀림회전력 소실율은 코팅되지 않은 나사(S-NC)보다 코팅된 나사(S-TiN, S-TiCN, S-TiC)가 통계학적 유의성을 갖는다. 이는 코팅되지 않는 나사는 큰 조임회전력의 영향으로 표면에 어떠한 영향을 받았으나, 코팅된 나사는 표면이 매끈하고 경질의 특성이 있어 settling effect의 영향이 작아 이와 같은 경향이 나타나는 것으로 생각된다. 따라서 조임과 풀림회전력에 대하여 코팅하지 않은 경우보다는 코팅한 경우가 유사한 특성을 나타낼 것이라고 생각된다.

본 연구에서는 아크이온 플레이팅법을 이용하여 TiN, TiCN 및 TiC를 코팅하였는데 이는 Au코팅에서 사용되는 마그네트론 스퍼터법보다 접착강도가 우수하고 경제적이며 보다 균일하고 용이한 코팅층을 얻을 수 있어 앞으로 치과용 임플란트 영역과 나아가서는 내마모성이 요구되는 분야나 마찰이 문제되는 부위에 사용할 경우 유용하리라 생각된다.

코팅층의 표면강도도 마찰계수에 영향을 미치는 요인 중 하나인데 비커스 경도 측정시 기질금속의 영향을 최소로 하기 위해 보다 정밀한 기계를 사용하였으며 구 등[18]은 50 g을 사용하였으나 본 연구에서는 30 g만을 주어 코팅층의 두께가 1.5 ㎛이하로 매우 얇기 때문에 기질금속의 영향을 전혀 배제할 수는 없었지만 TiC코팅군에서 가장 큰 값을 가져 높은 표면경도가 풀림회전력에 비례적이라고 생각되었다.

본 연구에서는 실험상의 오차를 줄이기 위하여 동일한 실험자가 실험을 반복하였으며 표준화를 위하여 전자식 토크측정기를 사용하였다. 그러나 제한된 시편수, 부품제작 시에 나타날 수 있는 가공오차 등은 측정결과에 다소의 영향을 주었을 것으로 생각된다.

또한 본 연구에서는 ExFeel® implant를 사용하였는데, 고정체의 내부나사산면(bore thread surface)과 지대주나사의 나사산(thread surface)간

의 접촉상태도 실험결과에 영향을 미치는 요소가 될 수 있다고 생각된다.

지대주나사와 고정체와의 조임과 풀림에 대한 문제는 마찰계수가 어느 정도 낮고 나사의 표면에 강도를 부여하면서 영구히 강도를 유지할 수 있다면 반복되는 조임과 풀림 시에 변형으로 인한 지대주나사의 실패를 크게 개선할 수 있을 것으로 생각되며 본 연구의 결과가 임플란트 지대주나사의 코팅이 풀림회전력을 증가시키고 일정한 조임회전력을 제공할 수 있는 임상적으로 효율적인 방법이라고 생각된다.

본 연구에서는 풀림회전력을 조절하는 인자로서 TiN, TiCN 및 TiC코팅에 의한 마찰계수와의 관계만을 연구하였으나 이외에 풀림회전력개선을 위한 다른 요소에 대한 연구가 더 필요할 것이다.

결 론

본 연구에서는 고정체와 지대주 연결부가 external butt joint를 갖는 메가젠 임플란트 시스템의 티타늄 지대주나사와 자체 제작한 티타늄 원판에 각각 TiN, TiCN, TiC를 코팅하여 지대주나사의 안정성과 풀림저항, 표면의 변화를 알아보기 위해 지대주나사의 풀림회전력, 회전체결각도를 측정한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 조임회전각은 TiCN, TiC코팅나사에서 코팅하지 않은 나사보다 통계적으로 유의하게 컸다 ($p<0.05$). 그러나 풀림회전력은 TiCN, TiC코팅나사에서 코팅하지 않은 나사보다 통계적으로 유의하게 낮았다($p<0.05$).
2. 10만 번 저작모방시험 후, 코팅한 나사에서 코팅하지 않은 나사보다 풀림회전력이 더 높았다.
3. 저작모방시험 전후에 풀림회전력은 건조상태와 습윤상태 사이에 통계적으로 유의할 만한 차이는 없었다.
4. 기질금속에 대한 접착력은 TiCN(13.4 N), TiC(22.8 N), 그리고 TiN(25.5 N) 순으로 증가하였고, 표면경도는 TiN(2300 Hv), TiCN(3000 Hv), 그리고 TiC(4000 Hv) 순으로 증가하였다.
5. 내부식성은 모든 경우에서 비교적 우수했으나 TiN에서 가장 우수했다.

이상의 결과로 TiN, TiCN, TiC코팅군은 코팅하지 않은 군보다 높은 내마모성을 가지며, 특히 TiC 코팅군은 저작 모방 시험 전에는 풀림회전력이 낮았지만 저작 모방 시험 후에는 낮은 마찰계수로 인한 높은 풀림회전력과 조임회전각을 가져 임플란트 지대주나사의 결합안정성에 영향을 미치는 효율적인 방법임을 시사한다.

참 고 문 헌

1. Branemark PI. Osseointegration and its experimental background. J Prosthet Dent 1983;50:399-410.
2. McGlumphy EA, Elfer CL, Mendal DA, Optimal torque values for implant abutment screws. J Dent Res 1993;72:191-193.
3. Ekfeldt.A..Carlsson.G.E.Borjesson.G: Clinical evaluation of the single-tooth restoration supported by osseointegrated implant. Int. J. Oral Maxillofac. Implant 1994; 9:179-183.
4. Cavazos E, Bell FA. Preventing loosening of implant abutment screws. J Prosthet Dent 1996;75:566-569.
5. Lazza RJ. Criteria for implant selection: surgical and prosthetic consideration. Pract Perio Aesthet Dent 1994;6:55-62.
6. Binon P. Screw joints, components, and other intimate relationships. J Prosthet Dent 1994;72:625.
7. Sutter F,Weber HP,Sorenson J, Belser U. The new restorative concept of the ITI dental implant system.: design and engineering. Int J Periodont Rest Dent 1993;13:409-431.
8. Abououssef H, Weinberg S, Ehrenberg D. Effects of an antirotation resistance form on screw loosening for single implant supported crowns. J Prosthet Dent 2000;82:312-316.
9. Sakagichi RL. Sun T, Hacck JE. External strain

distribution on implant prosthetic component (abstract 1045). J Dent Res 1994;73(special issue):232.
10. McGlumphy E. Keeping implant screws tight: Are we beyond retrievability. Proceedings of the fourth International Symposium on Implant Dentistry: Focus on Esthetics. J Prosthet Dent 1994;72:628.
11. Korioth TW, Cardoso AC, Versluis A. Effect of washers on reverse torque displacement of dental implant gold retaining screws. J Prosthet Dent 1999;82:312-316.
12. Adrian ED, Krantz WA, Ivanhoe JR, Turner KA. A silicone obturator for the access canal in an implant-retained fixed prosthesis, J Prosthet Dent 1999;81:234-236.
13. Elias.C.N, Figueira.D.C, Rios.P.R. "Influence of the coating material on the loosing of dental implant abutment screw joints.". Materials science & engineering:6-11.2005
14. Shigley J. Mechanical Engineering Design,ed3. New York: McGraw Hill 1987;227-52.
15. Motosh N. Development of design charts for bolts preloaded up to the plastic range.J Eng Ind 1976;98:849-51.
16. Burguette RL, Johns RB, Patterson EA, King T. Tightening characteristics for screwed joints in the osseointegrated dental implants, J Prosthet Dent 1994;71:849-851.
17. Martin WC, Woody RD, Miller BH, Miller AW. Implant abutment screw rotations and preloads for four different screw materials and surfaces. J Prosthet Dent:86:24-36.2001.
18. Cheol- in Koo, Chae-heon Chung, Han-cheol Choe. Effects of surface coating on the screw release of dental implant screrw:KJPD 2004;42:2:210-225.
19. Bickford JH. An introduction to the design and behavoir of bolted joints.New York: Marcel Dekker, Inc. 1981.
20. Jai-young Koak, Seong-joo Heo, Ik-tae Chang, Soon-ho Yim, Jong-yeop Lee, Kwang-ryeol Lee. The study of the removal torque of the diamond like carbon coated titanium abutment screws:KJPD 2003;41:2.128-135.
21. Heung-tae Lee, Nak-hyung Kim, Chae-heon Chung. A study on the stability of implant screw by use of the sealer: KJPD 2001;39:4: 366-374.

Influence of the Dental Implant Abutment Screw Coating Materials on Joint Stability

Hyun-Pil Lim, Young-Sun Park, Mong-Sook Vang, Hong-So Yang, Sang-Won Park, Suk-ja Yoon*

Department of Prosthodontics, *Department of Oral and Maxillofacial Radiology, School of Dentistry, Chonnam National University

The aim of this study was to evaluate effect of implant abutment screw coating treatment on joint stability, investigating mechanical properties of these. For this study used ExFeel® external hexed implant system and 15 ㎜ × 1 ㎜ discs . Experimental group was 1 ㎛ TiN, TiCN, TiC coated abutment screws and discs .To know mechanical property, i evaluated adhesion strength, surface hardness, using disc, corrosion test using screw. The results were as follows : rotation angle of coated screws increased than that of non-coated screw because of lower friction coefficient, especially TiC coated screw group had the largest value, but removal torque decreased in all coated screws ($p<0.05$). Torque loss before and after fatigue test was the smallest in TiC-coated screws, and the largest in non-coated screws ($p<0.05$), and there was no statistically significant difference between dry condition and wet condition of screws because of higher surface hardness and lower friction coefficient. From the above results, TiN, TiCN, TiC coating group had high abrasion resistance, especially TiC coated group which had low torque-consuming, high rotation angle as low friction coefficient will be considered to influence on implant abutment screw joint stability positively.

Key word: joint stability, removal torque, rotation angle, screw loosening

Correspondence to : Mong-suk Vang
Department of Prosthodontics, School of Dentistry, Chonnam National University
300 Yongbong-dong, Buk-gu, Gwang-Ju, 500-070, Korea
+82 62 530 5639: E-mail, msvang@chonnam.ac.kr
Received: March 03, 2009, Last Revision: April 07, 2009, Accepted: May 25, 2009