

## DLC 표면 처리에 따른 임플란트 지대주 나사의 풀림 현상에 관한 연구

서울대학교 치과대학 보철학교실\*

성균관대학교 의과대학 치과학교실 삼성의료원 치과진료부 보철과\*\*

성균관대학교 강북삼성병원 치과\*\*\*, 한국과학기술연구원 박막기술연구센터\*\*\*\*

곽재영\* · 허성주\* · 장익태\* · 임순호\*\* · 이종엽\*\*\* · 이광렬\*\*\*\*

### I. 서 론

가볍고 적절하게 견고하고 마모저항이 있으며 화학적으로 안정적이고 생체 친화적인 물질이 존재한다면 이는 생체대체 물질로 사용 시 매우 유용할 것이다. 의공학적 측면에서 이러한 물질로는 타이타늄 합금(Ti6Al4V)이나 알루미늄 세라믹(Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), 콤포지트 물질(TiN coating on graphite)등이 있으며 기존 재료의 물성을 증진시키기 위하여 Diamond Like Carbon(DLC)이나 crystalline diamond를 코팅하기도 한다.<sup>1)</sup>

치과분야에서는 여러 생체대체 물질 중에서 타이타늄을 많이 사용하고 있는데 이는 생체 내에서 골과의 계면에 전기 화학적으로 passivated layer를 형성하고 골과의 반응결과가 좋기 때문이다.<sup>2)</sup> 그러나 타이타늄의 물성은 그리 강하지 않고 치태침착등의 문제가 있기 때문에 이러한 타이타늄을 사용할 경우 표면 물성을 증진시키기 위하여 nitride coating이나 epoxy coating등을 하기도 하며, 이는 부수적으로 biodegradation을 막는 역할을 하기도 한다.<sup>3,4)</sup> 하지만 coating은 그 부위나 목적에 따라서 필요한 성질

이 다르고 각각의 목적에 따라 강하게 또는 약하게 물성을 바꾸는 것이 사용목적에 유리할 수 있다. 그 대표적인 경우가 임플란트 지대주 나사의 coating이다.

임플란트 지대주 나사의 coating의 성질중 3i의 gold coating screw는 표면의 물성을 약하게 해서 그 변형된 성질을 이용해서 지대치 나사의 풀림 현상을 방지하고자 하였다. 또한 pure gold의 낮은 마찰계수는 지대치 나사를 조이는데 있어 약간의 회전을 더 허용하기에 초기 토크를 증대시키는 효과를 얻고자 하였다.<sup>5)</sup>

이번 실험에서는 이러한 지대치 나사의 풀림 방지 효과를 증대시키는 논리 중에서 지대치 나사의 풀림 방지 효과가 지대치 나사의 표면 물성을 저하시켜서 물성 변화에 의한 것인지 아니면 지대치 나사의 표면 마찰계수를 낮추어서 초기 토크를 더 가하는 것이 영향을 더욱 미치는 것인지 감별하기 위하여 물성은 변하지 않으면서 마찰계수가 낮은 물질을 지대치 나사 표면에 coating 하였다. Coating 재료 중에서 주성분이 carbon이어서 생체 친화성이 뛰어나고 강도도 뛰어나며 표면 마찰계수가 낮은 물질인

\*이 연구는 서울대학교 발전기금 및 간접연구경비에서 지원되는 연구비에 의하여 수행되었음.

Diamond like carbon (DLC)을 이용해서 본 실험을 하였다. 이는 표면의 변형을 최소로 하고 마찰계수는 상당히 감소시킨 상태에서 지대치 나사의 풀림 현상이 어떻게 다른지 알아보려고 하는 것이다.

이 실험에서 사용한 DLC 필름은 경도와 내마모성 화학적 안정성 등에서 다이아몬드와 유사한 특성을 갖고있는 박막재료이다.<sup>6)</sup> 이 DLC 필름은 낮은 마찰계수와 우수한 내마모 특성을 갖고 있어 치과외 분야에서 보면 고체 윤활박막으로서 hard disk나 VCR head drum의 보호막 그리고 각종 bearing의 코팅재료로 사용되고 있다. 또한 DLC 필름의 치과 사용 시 장점은 타이타늄이나 316 스테인레스 스틸처럼 생체 친화성이 있다는데 있다.<sup>6)</sup>

20개의 Avana implant와 ASTM titanium grade 3 abutment screw(SOOMIN Synthesis dental materials Co., Seoul, Korea)를 사용한 본 연구에서는 이러한 DLC필름을 임플란트 지대치 나사에 사용 시 보통의 타이타늄 지대치 나사와 비교하여 풀림 현상이 어떻게 달라지는지 살펴보고자 타이타늄 지대치 나사 표면에 DLC필름을 코팅한 뒤, 코팅하지 않은 지대치 나사와 비교하여 초기 풀림 토크를 조사하였다.

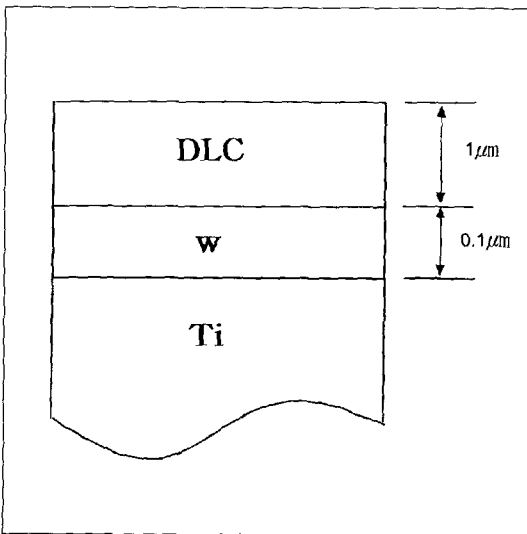


Fig. 1. DLC layer on the titanium surface

## II. 연구재료 및 방법

### 1. DLC coating

13.56MHz의 r.f. 플라즈마 CVD방법으로 다이아몬드상 카본필름을 20개의 치과용 임플란트 지대치 나사 부위에 코팅하였다. 치과용 임플란트 타이타늄 지대치 나사는 일반적인 습식세척과정으로 세척 후 코팅부위만이 노출되도록 설계된 jig에 장착하여 진공챔버의 음극부위에 설치하였다. 합성 전에 시편은 Ar 플라즈마를 이용하여 3.5mTorr의 압력과 바이어스 전압 -400V에서 15분 동안 건식 세척 하였다. 그 후, 다이아몬드상 카본필름과 임플란트사이의 접착력을 증진시키기 위해서 수소로 희석된 silane (10%) 가스를 공급하면서 바이어스 전압 -200V, 압력 20mTorr에서 접착력500nm 두께로 중간 접착증진층을 코팅하였다. 다이아몬드상 카본필름은 벤젠의 증기를 탄소원으로 사용하여, 합성압력은 10mTorr에서 바이어스 전압 -500V의 조건에서 코팅하였다. 필름의 두께는 1μm가 되도록 하였다(Fig. 1). 코팅부위는 임플란트 지대치 나사의 나사산과 클부위로 하였다(Fig. 2).

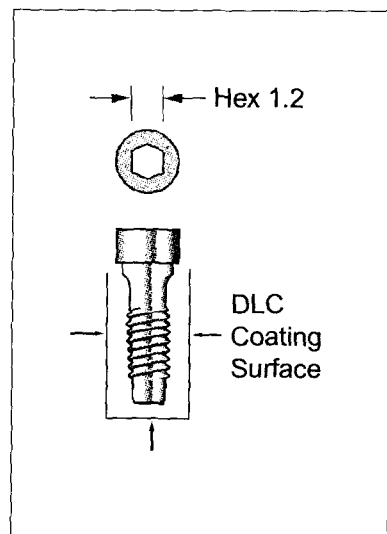


Fig. 2. DLC coating area on the implant abutment screw

## 2. Removal torque test

Self tapping fixture 20개(3.75×13mm)를 10개는 대조군으로, 10개는 실험군으로 나누었다(Table I). 이후 나사의 첫 번째 pitch 까지 아크릴릭 레진(Jet Acrylic, Lang Dental MFG. Co., Wheeling, IL, U.S.A.)에 심어서 레진 블록(23mm×23mm×30mm)을 만들었다. 이 레진 블록은 실험의 편의성과 임플란트의 보호를 위해서 제작하였다.

대조군의 지대치나사(abutment screw) 종류는 ASTM titanium grade 3 abutment screw를 사용하였으며 실험군은 이 screw에 DLC 코팅한 것을 사용하였다. 이때 screw driver hole은 hexa type을 사용하였다. 초기 죄임 토크는 32N으로 하였으며 조임

기구로는 3i사의 torque driver(3i Implant Innovations Inc. FL, U.S.A.)를 사용하였다. 사용한 임플란트(3.75×13mm)는 external hexa구조를 가지는 것으로 하였고, 여기에 조립되는 지대치 부위는 UCLA abutment에 금속주조한 것을 가정하여 직경 10mm 높이 15mm의 치아모형으로 타이타늄을 밀링 제작하여 사용하였다(Fig. 3). 이때 임플란트 fixture와 밀링제작한 타이타늄 지대치 구성성분간의 degree of rotation은 대조군 10개와 실험군 10개 모두 평균 3.5도 정도였다(Fig. 4). 각각의 시편은 풀럼 토크를 전자식 토크 측정기(Mark-10 Corp, Hicksville, N.Y. U.S.A)를 사용하여 3회 반복 측정하였다. 실험결과와의 통계처리는 Windows용 SPSS 8.0 version(SPSS, Chicago, U.S.A.)을 사용하였다.

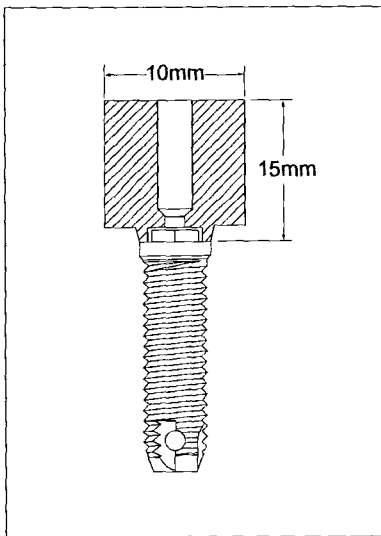


Fig. 3. Implant-Abutment, screw-Abutment assembly

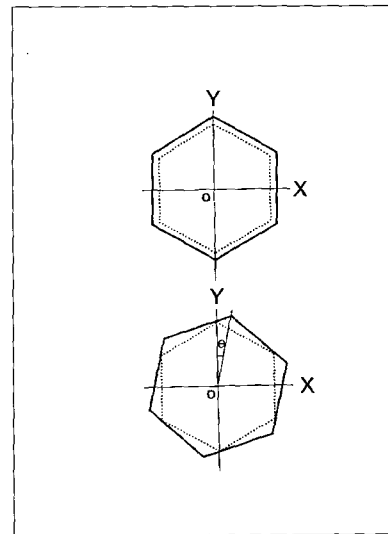


Fig. 4. Rotational misfit of implant

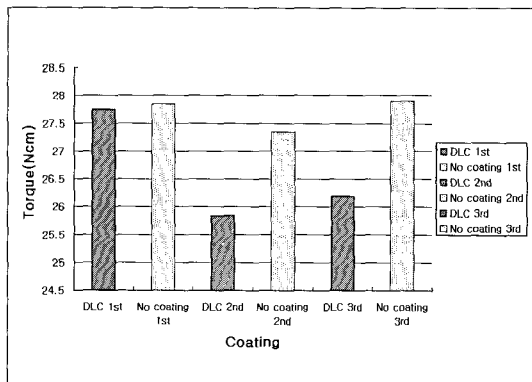
Table I. Abutment screw used in this study

Group	Type of abutment screw	Coating	N
I	ASTM titanium grade 3 abutment screw	Diamond Like Carbon coating	10
II	ASTM titanium grade 3 abutment screw	No coating	10

**Table II.** Result of measurement (unit : Ncm)

Abutment screw rotation values(32Ncm torque) presented as mean  $\pm$  standard deviation

contrast group	Removal torque			DLC coating group	Removal torque		
	1st	2nd	3rd		1st	2nd	3rd
1	23	26	28	1	24	27.5	26.5
2	23	23	24	2	25.5	23	22
3	32	31	26	3	23.5	24	25
4	32	29	28	4	29.5	28.5	28
5	23	27.5	25.5	5	29	22	24
6	24.5	26.5	28	6	29	25	27
7	30.5	28.5	31	7	26.5	25	23
8	28.5	23.5	29	8	28	28	28.5
9	34	31.5	31.5	9	29.5	27.5	29.5
10	28	27	28	10	33	28	28.5
Mean	27.85	27.35	27.9		27.75	25.85	26.2
	$\pm 4.23$	$\pm 2.81$	$\pm 2.31$		$\pm 2.89$	$\pm 2.35$	$\pm 2.57$



**Fig. 5.** Removal torque values in the study

### III. 결 과

각 실험 군에서 임플란트를 조이는 힘은 32N으로 하였으며 풀림 토크(removal torque)는 Table II에 나타내었으며 Fig. 5에 이의 값을 도표로 나타내었다.

DLC 코팅군에서 3회 측정된 초기 풀림 토크의 평균과 표준편차는 각각  $27.75 \pm 2.89$ ,  $25.85 \pm 2.35$ ,  $26.2 \pm 2.57$ 이었고 대조군에서는 초기 3회 측정된 풀림 토크값은 평균  $27.85 \pm 4.23$ ,  $27.35 \pm 2.81$ ,

$27.9 \pm 2.31$ 를 나타내었다.

실험군과 대조군의 풀림 토크의 유의성 차이를 알아보기 위하여 모수 분석법인 one-way ANOVA와 비모수 분석법인 Kruskal-Wallis test를 시행하였다. DLC 코팅한 지대치 나사와 코팅하지 않은 지대치 나사의 비교결과 평균 풀림 토크는 코팅하지 않은 군이 약간 큰 값을 보였으나 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다( $p > 0.05$ ).

### IV. 고 찰

만성적인 나사 풀림현상과 임플란트나 나사의 파절현상은 현재까지 많이 보고되고 있다.<sup>7-14)</sup> 이 중에서 나사 풀림현상을 감소시키기 위하여 많은 제조회사들은 나사 표면을 변형시켜서 preload를 증가키는 방법을 사용한다. 그러나 이러한 방법은 양날의 칼과 같아서 표면의 마찰계수가 감소하면 나사를 조일 때 preload가 증가될 수 있지만 풀리는 저항에 대해서도 문제가 생길 수가 있다. 따라서 이번 실험은 이러한 방법 중에 마찰계수를 감소시켜 preload를 증가시키는 방법 중에서 순금의 도포와 같이 표면의 물성이 나사보다 약한 것을 사용하는 것과 순수하게 마찰계수를 감소시키고 결과적으로 표면을 강하게 만든 것을 비교하여, 표면이 강화된 마찰계수를 감소시킨

효과와 나사 표면의 변형에 의한 풀림 현상 중에서 초기 풀림 토크에 관여하는 것이 어떠한 것인가를 감별해 보고자 하였다.

CP 타이타늄위에 내마모성이 뛰어난 DLC 필름을 코팅한 것의 물성을 코팅하지 않은 것과 비교하면 많은 차이가 난다. DLC 코팅은 단순히 마찰계수를 감소시키지는 않고 마찰에 대한 저항도 증가시킨다. 코팅시의 내마모 특성은 DLC 필름이 마모될 때까지 유지되며 14μm의 두께로 DLC를 코팅할 경우에도 코팅하지 않은 경우보다 마모의 양상과 시간에서 많이 차이가 난다. 순수 타이타늄 표면은 마모실험 초기부터 표면의 손상이 시작되고 마모가 진행된 반면에, DLC 표면은 14μm의 DLC 코팅 시 30시간이 지난 이후에 코팅막이 마모되어서 타이타늄 표면이 노출되었다.<sup>15)</sup> 마찰계수 면에서도 코팅하지 않은 타이타늄 표면과 DLC 필름코팅 처리된 타이타늄 표면에서 차이를 보인다. DLC는 습도 50-70%의 대기 중에서 마찰계수는 0.2정도를 유지하고 있어서 0.4에서 0.6까지의 수치를 보이는 순수 타이타늄표면의 마찰계수보다 약 50%이하의 값을 보여주고 있다.<sup>15)</sup> 이러한 DLC성질은 치과분야에서 내마모성이 요구되는 분야나 마찰이 문제되는 부위에 사용할 경우 유용하리라 보여진다. 실제로 이를 이용한 예는 심장수술시 이용하는 centrifugal blood pump나 ventricular assist device에 사용한 경우이다. 이는 마찰계수는 작고 마모저항은 크며 세포생물학적 친화성은 큰 물질인 DLC의 성질을 이용하여 좋은 결과를 얻은 예이다.<sup>1,16)</sup>

이번 실험에서는 이러한 우수한 내마모성과 낮은 마찰계수를 가진 DLC를 임플란트 지대치 나사에 코팅하여 마찰력이 감소되고 표면의 변형특성이 감소된 지대치 나사가 그보다 마찰력이 큰 지대치 나사와 비교하여 초기 지대치 나사 풀림에 차이가 있는지 알아보는 실험을 하였다. 실험결과 지대치 나사 풀림에서 두 군은 초기 3회의 풀림 토크를 측정했을 때 비교할 만한 차이를 나타내지 않았다. 이는 단순히 이러한 낮은 마찰계수와 높은 마모저항에 의해서 발생하는 preload는 순기능으로만 작용하지 않으며 반대로 풀림 현상에 있어서도 유해할 수 있다는 반증을 나타낸다. 그러나 특이한 사항으로는 DLC 코팅된 나사의 풀림 토크 값은 코팅하지 않은 타이타

늄 나사와 비교시 통계학적으로 차이가 없었다는 것이다.

이것은 표면의 마찰계수가 낮은 지대치 나사가 쉽게 풀릴 수 있다는 사실<sup>15)</sup>을 어느 정도 감안하면 마찰계수가 낮은 나사는 어느 정도 preload도 증가되는 효과가 있다는 사실을 반증한다고 할 수 있겠다. 따라서 이러한 마찰계수의 순기능과 역기능이 어느 정도 상쇄되어서 실제 풀림 토크 값은 마찰계수가 크고 표면의 변형이 가능한 표면 처리하지 않은 타이타늄 나사의 풀림 토크 값과도 차이가 없다고 볼 수 있는 것이다. 이는 나사 풀림의 원리가 마모에 의해서 나사의 settling effect가 깨지고 이어서 나사의 tension이 상실된 후 나사가 풀리는 원리를 감안하면 단순히 초기 풀림 토크의 측정만으로 표면이 강화된 나사가 장기적 사용 면에서 유해하다고 결론을 내릴 수는 없다는 것을 암시한다. 따라서 추후의 실험에서는 이러한 의문점을 해소하기 위해 마찰계수가 작고 표면이 강화된 코팅면과 코팅하지 않은 군과의 장기적 비교실험도 필요하리라 생각된다.

## V. 결 론

이번 실험에서는 이러한 지대치 나사의 풀림 방지 효과를 증대시키는 논리 중에서 지대치 나사의 풀림 방지 효과가 지대치 나사의 표면 물성을 저하시켜서 물성 변화에 의한 것인지 아니면 지대치 나사의 표면 마찰계수를 낮추어서 초기 토크를 더 가하는 것이 영향을 미치는 것인지 감별하기 위하여 물성은 변하지 않으면서 마찰계수가 작은 물질을 지대치 나사 표면에 coating 하여 실험한 군과 코팅하지 않고 실험한 군을 비교하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. DLC 코팅군에서 3회 측정된 초기 풀림 토크의 평균과 표준편차는 각각  $27.75 \pm 2.89$ ,  $25.85 \pm 2.35$ ,  $26.2 \pm 2.57$ 이었고 대조군에서는 초기 3회 측정된 풀림 토크 값은 평균  $27.85 \pm 4.23$ ,  $27.35 \pm 2.81$ ,  $27.9 \pm 2.31$ 를 나타내었다.
2. 실험군과 대조군의 풀림 토크의 유의성 차이를 알아보기 위하여 모수 분석법인 one-way ANOVA와 비모수 분석법인 Kruskal-Wallis test를 시행하였다. DLC 코팅한 지대치 나사와 코팅하지 않은 지대치 나사의 비교결과 평균 풀림 토크는

코팅하지 않은 군이 약간 큰 값을 보였으나 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다( $p>0.05$ ).

이상의 결과로 표면의 마찰계수와 물성을 바꾼 코팅 나사군과 코팅하지 않은 군을 비교할 때 초기 3회의 풀림 효과는 둘 다 양호한 결과를 나타내었고, 지대치 나사의 변형을 고려해 보면 장기적으로는 코팅한 군이 유리할 것으로 판단된다.

### 참고문헌

1. Monties JR, Dion I, Havlik P, Rouais F, Trinkl J, Baquey C. Cora rotary pump for implantable left ventricular assist device : biomaterial aspects. *Artif Organs* 1997;21:730-734.
2. Thull R. Semiconductive properties of passivated titanium and titanium based hard coatings on metals for implants-an experimental approach. *Med Prog Technol* 1990;16:225-234.
3. Gil FJ, Solano E, Campos A, Boccio F, Saez I, Alfonso MV, Planell JA. Improvement of the friction behavior of NiTi orthodontic archwires by nitrogen diffusion. *Biomed Mater Eng* 1988;8(5-6):335-342.
4. Kim H, Johnson JW. Corrosion of stainless steel, nickel-titanium, coated nickel-titanium, and titanium orthodontic wires. *Angle Orthod* 1999;69:39-44.
5. Martin WC, Woody RD, Miller BH, Miller AW. Implant abutment screw rotations and preloads for four different screw materials and surfaces. *J Prosthet Dent* 2001;86:24-32.
6. Tang L, Tsai C, Gerberich WW, Kruckeberg L, Kania DR. Biocompatibility of chemical-vapour-deposited diamond. *Biomaterials* 1995;16:483-488.
7. Ekfeldt A, Carlsson GE, Borjesson G. Clinical evaluation of single-tooth restorations supported by osseointegrated implants: a retrospective study. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1994;9:179-83.
8. Jemt T, Laney WR, Harris D, Henry PJ, Krogh PH, 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.
9. Jemt T, Lekholm U, Grondahl K. 3-year follow-up study of early single implant restorations ad modum Branemark. *Int J Periodontics Restorative Dent* 1990;10:341-50.
10. Becker W, Becker BE. Replacement of maxillary and mandibular molars with single endosseous implant restorations: a retrospective study. *J Prosthet Dent* 1995;74:51-5.
11. Henry PJ, Laney WR, Jemt T, Harris D, Krogh PH, Polizzi G. Osseointegrated implants for single-tooth replacement: a prospective 5-year multicenter study. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1996;11:450-5.
12. Anderson B, Odman P, Carlsson L, Branemark PI. A new Branemark single tooth abutment: handling and early clinical experience. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1992;7:105-11.
13. Engquist B, Nilson H, Astrand P. Single-tooth replacement by osseointegrated Branemark implants. A retrospective study of 82 implants. *Clin Oral Implants Res* 1995;6:238-45.
14. Anderson B, Odman P, Lindvall AM, Lithner B. Single-tooth restorations supported by osseointegrated implants: results and experiences from a prospective study after 2 to 3 years. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1995;10:702-11.

15. Kim HW, Koak JY, Lee KR. The study of the wear resistance on Diamond Like Carbon coating on CP Titanium surface. *The J Clinical Dent* 1999;8:78-81.
16. Yamazaki K, Litwak P, Tagusari O, Mori T, Kono L, Kameneva M, Watach M, Gordon L, Miyagishima M, Tomioka J, Umezu M, Outa E, Antaki JF, Kormos RL, Koyanagi H, Griffith BP. An implantable centrifugal blood pump with a recirculating purge system (Cool-Seal system). *Artificial Organs* 1998;22(6):466-74.

---

**Reprint request to:**

**Seong-Joo Heo**, D.D.S., M.S.D., Ph.D.

Department of Prosthodontics, College of Dentistry, Seoul National University  
28 Yongun-Dong, Chongno-Gu, Seoul 110-749, Korea  
heosj@plaza.snu.ac.kr

ABSTRACT

## THE STUDY ON THE REMOVAL TORQUE OF THE DIAMOND LIKE CARBON COATED TITANIUM ABUTMENT SCREWS.

Jai-young Koak\*, D.D.S., M.S.D., Ph.D., Seong-Joo Heo\*, D.D.S., M.S.D., Ph.D.,  
Ik-Tae Chang\*, D.D.S., M.S.D., Ph.D., Soon-Ho Yim\*\*, D.D.S., M.S.D., Ph.D.,  
Jong-Yeop Lee\*\*\*, D.D.S., M.S.D., Ph.D., Kwang-Ryeol Lee\*\*\*\*, Ph.D.

*Department of Prosthodontics, Collage of dentistry, Seoul National University\**

*Department of Prosthodontics dentistry, Samsung Medical Center,*

*School of medicine, Sungkyunkwan University\*\**

*Department of dentistry, Kangbuk Samsung Hospital, Sungkyunkwan University\*\*\**

*Thin film technology research center, Korea Institute of Science and Technology\*\*\*\**

**Statement of problem** : Implant screw loosening remains a problem in implant prosthodontics. Some abutment screws with treated surfaces were introduced to prevent screw loosening and to increase preload. DLC(Diamond Like Carbon) film has similar properties on hardness, wear resistance, chemical stability, biocompatibility as real diamond materials.

**Purpose** : The purpose of this study was to investigate the effect of lubricant layer on abutment screw and to discriminate more effective method between soft lubricant and hard lubricant to prevent screw loosening.

**Material and method** : In this study, 1 $\mu$ m thickness DLC was used as protective. *lubricating layer* of titanium screws and 3 times removal torque was measured on the abutment screws to investigate the difference in 10 coated and 10 non-coated abutment screws.

**Results** : The results indicated that the implants with DLC coating group were not more resistant to the applied force in screw loosening. At 32Ncm, the 3 times removal torque in DLC group were  $27.75 \pm 2.89$ ,  $25.85 \pm 2.35$  and  $26.2 \pm 2.57$ . The removal torque in no-coated abutment screws were  $27.85 \pm 4.23$ ,  $27.35 \pm 2.81$  and  $27.9 \pm 2.31$ , respectively.

**Conclusion** : The lubricant layer used in this study was Diamond Like Carbon(DLC) and it have a properties of hard and stable layer. The DLC coating layer was hard enough to prevent distortion of screws in the repeated unscrewing procedure in clinical situation. The reduced friction coefficient in hard DLC layer was not effective to prevent screw loosening.

---

**Key words** : Removal torque, Abutment screw, Diamond Like Carbon, Friction coefficient