# 임플랜트 지대주 나사의 텅스텐 카바이드/탄소 코팅이 전하중 및 조임회전각에 미치는 영향

부산대학교 치과대학 치과보철학교실

신현모·조 욱·정창모

본 연구는 external butt joint 연결 형태를 가진 임플랜트 시스템에서 티타늄 합금 나사와 텅스텐 카바이드와 탄소로 코팅한 나사의 압축력 및 조임 회전각 측정을 통해 동일한 전하중을 얻는 데 있어 코팅나사 사용이 갖는 임상적 효율성을 간접적으로 비교해 보고자 하였다. 본 연구에서는 Osstem Implant의 US II 시스템 고정체(ø=4mm)와 Cemented abutment를 사용하여 티타늄 합금(Ta) 지대주 나사 및 텅스텐 카바이드와 탄소로 표면 처리한(WC/CTa) 지대주 나사에 30Ncm의 조임 회전력을 적용한 후 압축력 및 조임 회전각을 측정하였다. 다음 WC/CTa 지대주 나사에서 측정된 압축력의 평균값을 계산하고 이를 Ta 지대주 나사에 적용하여 동일한 압축력이 가해질 때의 조임 회전력 값을 측정하였다. 그리고 실험결과 측정된 조임 회전력의 평균값을 Ta 나사에 적용한 후 조임 회전각을 측정하여 비교해 본 결과 다음과 같은 결론을 얻었다. 30Ncm의 조임 회전력에서 텅스텐 카바이드/탄소 코팅 나사가 티타늄 합금 나사보다 압축력과 회전각이 더 높게 나타났다. 텅스텐 카바이드/탄소 코팅 나사에 30Ncm의 조임 회전력을 적용하여 발생한 압축력을 얻기 위해서는 티타늄 합금 나사의 경우 55.6Ncm의 조임 회전력이 필요하였으며, 회전각에는 두 나사 간에 차이가 없었다.

주요어: 전하중, 조임회전각, 텅스텐 카바이드/탄소 코팅 (대한치과턱관절기능교합학회지 2009:25(1):53~59)

## 서 론

임플랜트는 단일치아 수복에서부터 전악 수복에 이르기까지 다양한 치과치료 영역에서 사용되고 있다.[1-6] 임플랜트 치료는 성공적인 골유착과 함께 상부보철물의 기계적 안정성이 장기적으로 잘 유지되어야 한다.[7] 임플랜트의 골유착은 여러 문헌에서 성공률이 매우 높은 것으로 보고되고 있는 반면, 임플랜트 보철물이 기능하는 동안 발생되는 나사의 풀림이나 파절은 상존하는 기계적 문제점 중 하나이다.[8,9]

임플랜트의 치료영역이 부분 무치악 및 단일치아 수복으로 확장되면서 단독으로 사용되거나 선상으로 배열된 임플랜트에 가해지는 굽힘 하중과 회전력에 의해 나사의 풀림이나 파절과 같은 문제점들이 증가되었으며,[10,11] 특히 즉시부하 개념의 임플랜트 치료에서 나사의 풀림은 골유착 이전에 치조골에 위해한 응력을 유발하여 골유착의 실패를 야기할 수 있다.[12]

지대주 나사에 조임 회전력을 가하게 되면 고

교신저자 : 정창모
부산대학교 치과대학 치과보철학교실, 부산광역시 서구 아미동 1가 10번지, 602-739, 대한민국.
팩스: + 82-51-257-2140, 이메일: cmjeong@pusan.ac.kr
원고접수일: 2009년 01월 03일, 원고수정일: 2009년 03월 07일, 원고채택일: 2009년 03월 25일

정체와 지대주 간에 나사 신장에 의한 전하중이 발생된다. 그러나 초기 조임 회전력의 90%는 마찰력을 극복하는데 소모되며 단지 10%만이 나사 신장에 사용되어 나사 연결부의 안정성에 기여한다.[13] 따라서 일정한 조임 회전력 하에서 전하중을 증가시키기 위해서는 마찰계수가 작은 나사를 사용하는 것이 바람직하다.[13]

3i(Implant Innovations, INC., USA)의 순금 코팅 나사인 GoldTite와 Steri-Oss(Nobel Biocare AB, Sweden)의 테프론 코팅 나사인 TorqTite가 건조 윤활제를 나사에 적용하여 마찰계수를 감소시킨 대표적인 예로써, 이렇게 코팅된 나사들은 전하중을 증가시키고 나사풀림을 감소시키는 것으로 보고 되고 있으나 나사의 반복체결에 따른 코팅 표면의 마모가 문제점으로 지적되었다.[14-17] 이에 최근에는 내마모성이 우수하고 나사의 마찰저항이 작은 것으로 알려져 있는 텅스텐 카바이드/탄소 코팅 나사가 임상에 사용되고 있다.[18] 최 등[19]은 텅스텐 카바이드/탄소 코팅 나사를 사용함으로써 임플랜트와 지대주간의 압축력과 조임 회전각이 증가되었고 반복체결 후에도 코팅표면이 안정적으로 유지되어 일정한 전하중을 유지할 수 있었음을 보고하였고, 박 등[20]은 텅스텐 카바이드/탄소 코팅 나사를 사용함으로써 나사 연결부의 기능적 안정성이 향상되었다고 보고한 바 있다. 그러나 이 보고들은[19,20] 텅스텐 카바이드/탄소 코팅의 낮은 마찰계수가 일정 조임 회전력 하에서 전하중 증가와 연결부 안정성 향상에 미치는 영향을 비교한 연구로서, 동일한 압축력 즉 전하중을 얻는 데 있어 코팅나사의 사용이 티타늄 합금나사에 비해 얼마나 효율적인지에 대한 비교 검토가 필요하리라 생각된다.

이에 본 연구에서는 external butt joint 연결 형태를 가진 임플랜트 시스템에서 티타늄 합금 나사와 텅스텐 카바이드와 탄소로 코팅한 나사의 압축력 및 조임 회전각 측정을 통해 임상적 효율성을 간접적으로 비교해 보고자 하였다.

## 재료 및 방법

### 1. 연구재료

본 연구에서는 Osstem Implant(Korea)의 external butt joint 형태를 가지는 직경 4mm의 US II 시스템 고정체와 분리형 지대주인 Cemented abutment(Fig. 1), 나사는 티타늄 합금(Ta) 지대주 나사 및 텅스텐 카바이드와 탄소로 표면 처리한(WC/CTa) 지대주 나사를 사용하였다(Fig. 2).



Fig. 1. Sectional view of implant-abutment assembly showing interface and attached abutment.

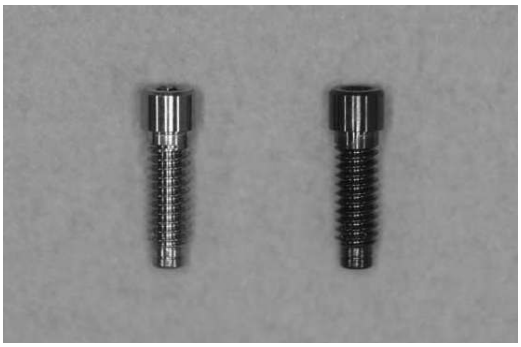

Fig. 2. Two abutment screws of different surface in US II implant system: left, titanium alloy screw; right, tungsten carbide/carbon coated titanium alloy screw.

## 2. 연구방법

임플랜트 고정체를 조임 회전각 실험 장치에 위치시키고, 디지털 토크게이지(MGT12E, mark-10corp., Hicksville, N.Y., USA)를 이용하여 5Ncm로 지대주 나사를 조인 후 회전각 측정을 위한 디지털 측정기(CT6Y-1,Autonics, Korea)의 영점 조정을 하였다. 다음 디지털 토크게이지로 계속적인 조임 회전력을 가하여 30Ncm까지 나사를 천천히 조이고 그 때의 조임 회전각을 측정하였다(Fig. 3). 반복체결에 의한 조임 회전각의 변화를 최소화하기 위해 Ta 나사와 WC/CTa 나사 5개를 사용하였으며, 총 10조의 새로운 고정체와 지대주를 사용하였다.

압전소자 방식의 SlimLine Force Sensor (9132B21, Kistler, Winterthur, Switzerland)를 이용하여 별도 제작된 압축력 측정 장치에 센서와 임플랜트 부품들을 차례대로 연결한 후, 디지털 토크게이지를 이용하여 지대주 나사를 30Ncm까지 천천히 조이고, 디지털 표지기 (MI-15W, SENSTECH, Busan, Korea)에 나타난 압축력을 측정하였다(Fig. 5). 압축력 측정에도 Ta 나사와 WC/CTa 나사 5개를 사용하였으며, 총 10조의 새로운 고정체와 지대주를 사용하였다.

WC/CTa 지대주 나사에 30Ncm의 조임 회전력을 가했을 때 측정된 압축력의 평균값을 계산하고, 디지털 토크게이지를 이용하여 Ta 지대주 나사에 조임 회전력을 점차 증가시켜 동일한 압축력이 가해질 때의 조임 회전력 값을 측정하였다. 그리고 실험결과 측정된 조임 회전력의 평균값을 계산한 후 동일한 조임 회전력을 Ta 지대주 나사에 가하고 그 때의 조임 회전각을 측정하였다. 조임 회전력 및 조임 회전각 측정에 각 5조, 총 10조의 지대주 및 Ta 지대주 나사를 사용하였다.

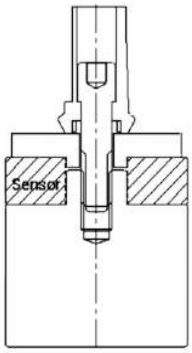


Fig. 4. Schematic diagram of testing condition.

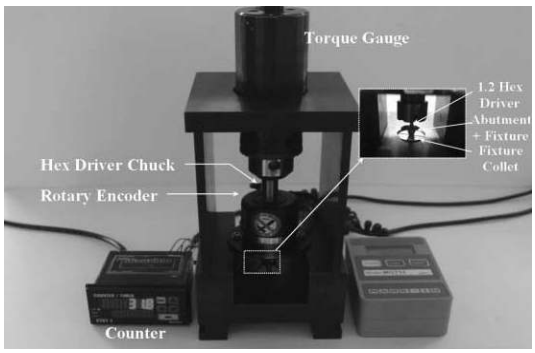


Fig. 3. Assembly of rotational angle measurement apparatus.



Fig. 5. Digital indicator for measuring compressive force.

### 3. 통계분석

SPSS (Release 12.0, SPSS Inc., USA)를 사용하여 Ta 및 WC/CTa 지대주 나사의 조임 회전각과 압축력의 평균값과 표준편차를 계산하고, Wilcoxon t-test를 이용하여 나사의 종류에 따른 차이를 검정하였다.

## 결 과

30Ncm의 조임 회전력을 가했을 때 Ta 나사와 WC/CTa 나사의 회전각 측정결과는 Table I와 같다. 모든 시스템에서 회전각은 WC/CTa 나사가 Ta 나사보다 약 9도 정도 크게 나타났으며($P$<0.05), WC/CTa 나사를 사용함으로서 Ta 나사에 비해 34.4%의 회전각이 증가되었다.

30Ncm의 조임 회전력을 가했을 때 Ta 나사와 WC/CTa 나사의 압축력 측정결과는 Table II과 같다. 압축력은 WC/CTa 나사가 Ta 나사보다 유의성 있게 크게 측정되었으며($P$<0.05), Ta 나사에 비해 30.6%의 압축력 증가율을 보였다.

WC/CTa 지대주 나사에 30Ncm의 조임 회전력을 가했을 때 측정된 압축력의 평균값은 504.6N이었으며 Ta 나사에서 동일한 압축력을 발생시키기 위해서는 55.6Ncm의 조임 회전력이 필요한 것으로 측정되었다. 그리고 55.6Ncm의 조임 회전력을 적용하였을 때 Ta 나사의 조임 회전각은 33.6도로 측정되었고, 55.6Ncm에서의 Ta 나사와 30Ncm에서의 WC/CTa 나사 간의 비교에서는 조임 회전각에 유의차가 없었다($P$>0.05).

Table I. Mean values ± SDs of rotational value

| | Tightening Torque(Ncm) | Rotational value(°)* |
|---|---|---|
| Ta screw | 30.0 | 25.9[a] |
| | 55.6 | 33.6[b] |
| WC/CTa screw | 30.0 | 34.8[b] |

*Same lowercase letters indicate no statistical differences ($P$>0.05).

## 고 찰

나사 풀림을 방지하기 위해서는 나사 연결부에 가해지는 외부 하중을 최소로 하고, 전하중을 허용 범위 내에서 최대로 하여야 한다.[10,21] 특히 external butt joint 연결 형태를 갖는 임플랜트 시스템에서 굽힘 하중과 회전력에 저항하는 유일한 유지형태는 고정체와 지대주 간의 압축력 즉 전하중이다.[22]

전하중을 증가시키기 위해서는 조임 회전력을 증가시키거나 또는 나사의 마찰계수를 감소시키는 두 가지 다른 방법을 생각해 볼 수 있다. 그러나 전자의 경우에는 회전방지장치 없이 너무 큰 조임 회전력을 가할 경우 나사 두부 홈의 변형 및 임플랜트와 골 계면 사이의 실패를 가져올 수 있고,[21] 가해진 회전력의 대부분이 마찰력 극복에 소모되고 일부만 전하중으로 전환되므로 효율성이 낮다.[13,23] 반면 후자의 경우에는 동일한 조임 회전력으로 전하중을 효과적으로 증가시킬 수 있다. 본 연구에서 사용된 텅스텐 카바이드/탄소 코팅은 경도가 크고 내마모성과 내구성이 우수하며, 마찰계수가 낮다는 장점을 가지고 있다.

Table II. Mean values ± SDs of compressive force

| | Tightening Torque(Ncm) | Compressive force(N) |
|---|---|---|
| Ta screw | 30.0 | 297.8* |
| | 55.6 | 504.6 |
| WC/CTa screw | 30.0 | 504.6* |

* Statistical significance was noted between Ta and WC/CTa screw when the torque value of 30Ncm was applied($P$<0.05).

지대주 나사의 조임 회전각 측정 결과(Table I), 표면 마찰계수가 낮은 WC/CTa 나사는 Ta 나사에 비해 마찰력에 의한 에너지 손실이 작으므로 더 많은 나사의 회전을 허용하여 회전각을 약 9도 정도 증가시켰다. 그리고 압축력 측정 결과(Table II) WC/CTa 나사가 Ta 나사보다 압축력이 더 크게 나타났는데 (Table II), 이는 WC/CTa 나사를 사용함으로써 Ta 나사에 비해 조임 회전력에 의해 전달되는 에너지가 나사의 신장에 더 많이 이용되고 이로 인해 전하중이 증가되었다는 것을 의미한다. 전하중의 증가는 나사의 안정성을 향상시키고 피로하중에 대한 저항을 증가시킨다. 그러나 본 실험 결과 WC/CTa 나사와 같이 코팅에 의해 마찰계수를 줄인 나사들은 동일 조임 회전력 하에서 Ta 나사에 비해 나사 신장이 크게 일어나므로 적정 조임 회전력 이상의 회전력이 가해졌을 경우 과도한 나사 신장으로 인해 외력에 의한 소성변형이나 파절의 위험성이 증가될 가능성이 있다. 따라서 코팅 나사의 사용에 있어서 별도의 적정 조임 회전력 값이 제공되어야 하며 이에 대한 추가적인 실험이 필요할 것이라 생각된다.

Ta 나사를 이용하여 30Ncm에서 측정된 WC/CTa 나사와 동일한 압축력을 얻기 위해서는 55.6 Ncm의 조임 회전력이 필요하였는데, 이는 Ta 나사와 WC/CTa 나사 간의 마찰계수 차이에 의한 전하중 차이를 상쇄시키기 위해서는 25.6Ncm의 추가적인 조임 회전력이 필요하다는 것을 의미한다. 본 연구에 앞서 나사의 항복강도를 알아보기 위한 예비실험에서 조임 회전력을 계속 증가시켰을 때 60Ncm에서 나사 두부 육각홈의 변형이 발생되었다. 따라서 Ta 나사의 전하중 증가를 위해 과도하게 높은 조임 회전력을 적용하는 것은 나사 두부 육각홈의 변형과 골유착의 실패를 유발할 수 있으므로 효과적인 전하중의 증가를 위해서는 코팅나사의 사용이 더 바람직한 방법이라 생각된다.

Ta 나사에서 55.6Ncm의 조임 회전력을 적용하였을 때 측정된 조임 회전각은 33.6도로 WC/CTa 나사와 유의한 차이가 없었는데, 이는 나사를 신장시키는 회전각의 크기가 전하중 즉 압축력으로 나타나기 때문이다. 따라서 전하중을 측정하는 간접적인 방법 중에 external butt joint 연결 형태의 임플랜트 시스템에서 지대주 나사의 마찰계수에 따라 크게 영향을 받는 풀림 회전력 측정보다는 본 연구에 이용된 조임 회전각 측정법이 전하중과 비교적 높은 상관관계를 나타내고 있음을 알 수 있다.

본 실험 결과는 external butt joint 연결 형태라는 연구 조건에 한정된 결과이긴 하나, 지대주 나사의 텅스텐 카바이드/탄소 코팅이 임플랜트-지대주 나사 연결부 안정성을 향상시키는데 도움이 되는 임상적으로 효과적인 방법임을 시사한다.

## 결 론

본 연구는 티타늄 합금나사의 텅스텐 카바이드/탄소 코팅이 갖는 임상적 효율성을 알아보기 위해 external butt joint 연결 형태를 가지는 임플랜트 시스템에서 압축력 및 조임 회전각을 비교하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

30Ncm의 조임 회전력에서 텅스텐 카바이드/탄소 코팅 나사가 티타늄 합금 나사보다 압축력과 회전각이 더 높게 나타났다($P<0.05$). 텅스텐 카바이드/탄소 코팅 나사에 30Ncm의 조임 회전력을 적용하여 발생한 압축력을 얻기 위해서는 티타늄 합금 나사의 경우 55.6Ncm의 조임 회전력이 필요하였으며, 회전각에는 두 나사 간에 차이가 없었다($P>0.05$).

이상의 결론으로부터 티타늄 합금나사의 텅스텐 카바이드/탄소 코팅이 전하중을 증가시켜 나사의 풀림을 예방하는데 임상적으로 효율적인 방법이라 생각된다.

## 연구비 지원 및 사의

본 연구는 2008년도 부산대학교병원 임상연구비 지원으로 이루어졌음

## 참 고 문 헌


1. Bränemark P-I, Hansson BO, Adell R, Breine U, Lindstrom J, Hallen O, Ohman A. Osseointegrated implants in the treatment of the edentulous jaw: Experience from a ten year period. Scand J Plastic Reconst Surg 1977;11(suppl).
2. Adell R, Lekholm U, Rockler B, Branemark P-I. A 15-year study of osseointegrated implants in the treatment of the edentulous jaw. Int J Oral Surg 1981;10:387-416.
3. Albrektsson T. A multicenter report on osseointegrated oral implants. J Prosthet Dent 1988;60:75-84.
4. Zarb GA, Schmitt A. The longitudinal clinical effectiveness of osseointegrated dental implants: the Tronto study. Part I: Surgical results. J Prosthet Dent 1990;63:451-457.
5. Zarb GA, Schmitt A. The longitudinal clinical effectiveness of osseointegrated dental implants: the Tronto study. Part II: The prosthetic results. J Prosthet Dent 1989;64:53-61.
6. Zarb GA, Schmitt A. The longitudinal clinical effectiveness of osseointegrated dental implants: the Tronto study. Part III: Problems and complications encountered. J Prosthet Dent 1990;64:185-194.
7. Jaarda MJ, Razzoog ME, Gratton DG. Effect of preload torque on the ultimate tensile strength of implant prosthetic retaining screws. Implant Dent 1994;3:17-21.
8. Jemt T. Modified single and short-span restorations supported by osseointegrated fixtures in the partially edentulous jaw. J Prosthet Dent 1986;55:243-7.
9. Jemt T, Lekholm U, Grondahl K. 3-year followup study of early single implantb restorations ad modum Branemark. Int J Periodontics Restorative Dent 1990;10:340-9.
10. Rangert B, Jemt T, Jrnus L. Forces and moments on Branemark implants. Int J Oral Maxillofac Implants 1989:4:241-247.
11. Rangert B, Sullivan R. Learning from history The transition from full arch to posterior partial restorations. Nobelpharma News 1995;9(2):67.
12. Misch CE, Wang HL, Misch CM, Sharawy M, Lemons J, Judy KW. Rationale for the application of immediate load in implant dentistry: Part I. Implant Dent 2004;13:207-17
13. Shigley J. Mechanical Engineering Design,ed 3. New York: McGraw Hill, 1987:227-52.
14. Robb TT, Porter SS. Increasing abutment screw rotation by applying a thingold coating [abstract 1641]. J Dent Res 1998;77(special issue):837.
15. Robb TT, Porter SS. Increasing implantabutment preload by thin gold coating abutment screws [abstract 1642]. J Dent Res 1998;77(special issue):837.
16. 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.
17. Vigolo P. Cemented versus screw-retained implant-supported single tooth crowns: A 4-year prospective clinical study. Int. J Oral Maxillofac Implants 2004; 19:260-5.
18. Liu Y, Gubisch M, Hild W, Scherge M, Spiess L, Knedlik Ch, Schaefer JA. Nanoscale multilayer WC/C coatings developed for nanopositioning. part II: Friction and wear. Thin Solid Films 2005;488: 140-8.
19. Choi JU, Jeong CM, Jeon YC, Lim JS, Jeong HC, Eom TG. Influence of tungsten carbide/carbon coating on the preload of implant abutment screws. J Korean Acad Prosthodon 2006;44:229-42.
20. Park JK, Jeong CM, Jeon YC, Yoon JH. Influence of tungsten carbide/carbon coating of implant-abutment screw on screw loosening. J Korean Acad Prosthodon 2008;46:137-47.
21. McGlumphy EA, Mendel DA, Holloway JA. Implant Screw Mechanics. Dent Clinics North Am 1998; 42:71-89.
22 Schwarz MS. Mechanical complications of dental implants. Clin Oral Impl Res 2000;11:156-8.
23. Motosh N. Development of design charts for bolts preloaded up to the plastic range. J Eng Ind 1976;98:849-51.

# Influence of Tungsten Carbide/Carbon Coating on the Preload and Tightening Torque of Implant Abutment Screws

**Hyon-Mo Shin, Wook Cho, Chang-Mo Jeong**

Department of Dentistry, Graduate School, Pusan National University

The purpose of this study was to clarify the clinical efficiency of tungsten carbide/carbon coating on obtaining optimal preload of abutment screw compared with non-coated screw in external-hex implant system.

In the present work, rotational value and the compressive force between abutment and fixture of abutment screws without coating and with coating tightened to 30Ncm were measured. Mean compressive force of coated screw was 504.6N. Then uncoated screw was tightened to clamping the abutment and the implant to 504.6N, and the tightening torque value and the rotational value was recorded.

The following conclusions were drawn within the limitation of this study. Compressive force of coated screw was higher than that of uncoated screw after tightening at 30Ncm. The tightening torque that was nedeed to clamping the uncoated screw equal to coated screw tightened to 30Ncm was 55.6Ncm. In case of equal compressive force, there was no significant difference in rotation value between coated and uncoated screw,

**Key word**: preload, tightening torque, tungsten carbide/carbon coating

Correspondence to : Chang-Mo Jeong
Department of Prosthodontics, College of Dentistry, Pusan National University
1-10 Ami-dong, Seo-gu, Busan, 602-739, Korea
Fax: + 82-51-257-2140
E-mail: cmjeong@pusan.ac.kr
Received: January 03, 2009, Last Revision: March 07, 2009, Accepted; March 25, 2009