지대주의 반복적인 착탈에 따른 임플랜트 고정체의 external hexagon과 지대주 internal hexagon의 변화에 관한 연구

조선대학교 치과대학 치과보철학교실

정석원 · 김희중 · 정재헌

Ⅰ. 서 론

Brånemark이 임플랜트를 치과분야에 응용한 이후로 임플랜트는 많은 발전과 성장을 거듭하여 통상적인 치과수복의 방법으로 인식되고 있다. 초기 임플랜트 치료는 의치를 지지하기 위한 하악 무치악 치료에 제한적으로 사용되었다. 그러나, 사용재료의 발달과 조직 생물학과 조직치유에 대한 연구 및 적용이 활발해지면서 임상적용의 범위가 부분 무치악과 단일치 수복에까지 넓어지게 되었다. 최근에는 단일치 상실시 임플랜트의 적용이 보편화 되고 있다.[1-6] 단일치 임플랜트 수복과 더불어 가장 흔하게 발생하는 문제는 지대주 나사나 유지나사의 풀림과 파절현상이었다.[5,7]

대부분의 임플랜트 시스템은 보철적인 수복 방식이 시멘트 유지형이든 나사 유지형이든지 지대주 나사를 사용하게 된다. 나사를 사용함으로써 철거 가능성과 하중에 대한 완압(stress breaker)이라는 장점을 가지긴 하지만, 그와 동시에 나사의 풀림과 파절 등을 비롯한 많은 문제점을 내포하기도 한다. Jemt 등[8]은 임플랜트를 장착한지 1년 동안 금 유지나사의 26%와 지대주 나사의 43%에서 나사 풀림이 나타났다고 보고하였다. Becker 등[2]은 금 나사(gold screw)를 사용하여 단일치 임플랜트 수복을 한 경우에 나사 풀림이 38%정도 나타났다고 보고하였다.

나사 풀림과 파절의 원인으로는 기계적 오차,[9] 구성물질,[10,11] 금속 피로현상,[12] 기능시 미세운동, 장축을 벗어난 하중,[13,14] 적용된 토크나 전하중,[15] 골의 탄성과 나사의 settling 현상[16,17]등이 보고되었다.

Bickford[18]는 나사 풀림의 과정을 2단계로 서술하였다. 초기에 나사에 적용된 저작과 같은 외부힘은 나사의 전하중(preload)이나 신장의 해소를 부추기는 나사산의 미끄러짐 현상(thread slippage)을 유발한다. 나사풀림의 두 번째 단계에서는 나사가 풀리는 임계치 이하로 연속적인 전하중(preload)의 상실이 일어나고 나사의 기능상실이 일어나게 된다고 하였다.

고정체의 external hexagon과 지대주의 internal hexagon사이의 적합성은 지대주/임플랜트 나사 접합부(screw joint)의 안정성에 또 다른 요소로 제시되어왔다.[16,19-21] Binon[22,23]은 external hexagon을 가진 임플랜트 시스템들의 기계적 정확성과 오차에 대해 평가하였다. 그들은 실험을 통해 나사 접합부(screw joint)의 안정성을 유지하기 위해서는 지대주와 임플랜트 고정체간의 회전적 부적합(rotational misfit)정도가 5°를 넘지 말아야 한다고 주장하였다.

임플랜트가 식립되고 골유착이 성공적으로 이뤄지면, 보철 수복을 위한 단계를 진행하는데, external hexagon을 가진 임플랜트 시스템은 최종 보철 수복 전까지 시스템이나 보철적 수복 방법에 따라 상부구

※이 논문은 2004년도 조선대학교 학술연구비의 지원을 받아 연구되었음.

조를 적게는 2-5회 정도에서 많게는 10-15회 정도까지 보철물 착탈을 시행하게 된다. 지대주나 보철물의 장착과 착탈이 반복될수록 screw를 비롯한 임플랜트의 각 구성성분에 마모가 일어나게 된다. Yun 등[24]은 치유 지대주(healing abutment)나 일반 지대주(standard abutment)를 이용하여 20회의 착탈을 실시한 결과 external hexagon에 심한 형태 변화가 있음을 보고하였으며, 나사 접합부(screw jonit)의 실패를 야기 할 수 있는 임플랜트 고정체의 hexagon의 변형을 최소하기위해서 상부구조물의 접촉 횟수를 최소로 할 것을 제안하였다. Weiss 등[25]은 7가지 임플랜트 시스템에서 반복적인 상부구조의 장착 후 풀림력(opening torque)을 측정하는 실험을 행하였는데, 상부구조의 탈착 횟수가 증가될수록 풀림력이 감소함을 보고하였다. 그들은 풀림력 감소의 원인으로서 마찰계수의 감소를 제시하였다. 반복적인 지대주 나사의 조임과 풀림에 의해 발생되는 나사 머리(screw head)와 나사산(thread)및 다른 체결 구성성분간의 마모가 마찰계수를 감소시킨다고 보고하였다. 김 등[26]은 반복적인 지대주 나사의 조임과 풀림 후 나사머리의 slot과 나사산에 생기는 변화를 관찰하였는데, 반복적인 조임과 풀림의 횟수가 증가될수록 나사에 생기는 마모나 긁힘 같은 변화가 뚜렷하였다고 보고한바 있다.

위의 실험 결과들을 고려할 때, 반복적인 상부구조의 착탈이 임플랜트 지대주 나사의 풀림력에 영향을 줄 수 있는 기계적 변화를 임플랜트의 각 구성성분에 야기할 수 있으리라 생각되었으며 특히, 임플랜트 구성성분들에서 발견되는 마모는 풀림력 뿐만아니라 임플랜트와 지대주 사이에 발생하는 회전유격(Rotational Freedom, RF)에도 영향을 줄 것으로 생각되었다.

따라서, 본 연구에서는 반복적인 임플랜트 상부구조물을 장착 후 생기는 임플랜트의 external hexagon과 지대주의 internal hexagon의 변화를 알아보고 이로 인한 임플랜트와 지대주사이의 회전유격(RF)이 어떻게 변화하는 가를 분석검토하고자 하였다.

Ⅱ. 실험재료 및 방법

1. 실험재료

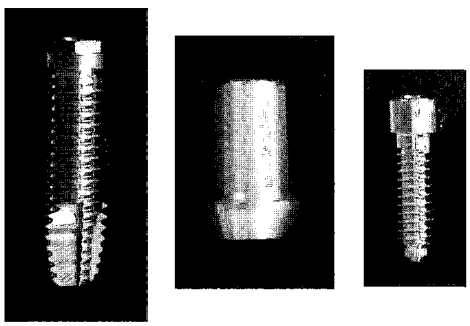
이 실험에 사용된 임플랜트 시스템은 3i와 Avana였다. 각 시스템 마다의 임플랜트 고정체, 지대주, 지대주 나사를 7개씩 무작위로 선택하였다.(Table I)

1) 임플랜트 고정체(Implant fixture)

임플랜트 고정체는 3i회사에서 생산되는 external hexagon을 가진 직경 4.0mm의 고정체(4.0D×13mm; 3i/implant innovations Inc, USA)와 Avana회사에서 생산되는 직경 4.0mm의 고정체(Hexlock 4.0D×10mm; Avana Dental Implant System, Korea)를 선택하였다.(Fig. 1, 2-a)

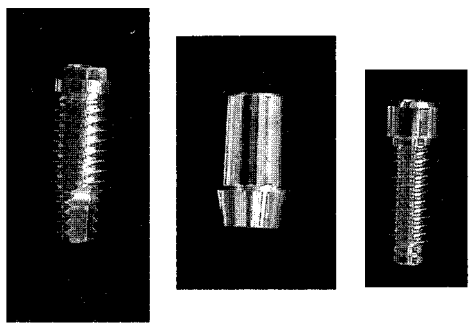
2) 지대주(Abutment)

두 가지 시스템 모두 시멘트 유지형 지대주를 선택



a b c

Fig. 1. 3i system
(a:fixture, b:abutment, c:abutment screw).



a b c

Fig. 2. Avana system
(a:fixture, b:abutment, c:abutment screw).

하였다. Gingi Hue™ Post 지대주(4.1mmD×5mmP×2mmH)를 선택하였고, Avana는 시멘트 유지형 지대주(4.0mmD×8mmH)를 각각 선택하였다.(Fig. 1, 2-b) 3i의 Gingi-Hue™ Post는 회전을 방지하는 장치가 지대주 internal hexagon 모서리에 존재하였다.

3) 지대주 나사(Abutment screw)

지대주 나사는 두 시스템 모두 타이타늄 지대주 나사를 사용하였다.(Fig. 1, 2-c)

2. 실험방법

1) 임플랜트 고정체 고정

각각의 고정체들은 치과용 surveyor를 이용하여 지면에 수직이 되도록 레진(Epovia, Cray Valley Inc.)을 이용하여 임플랜트 고정체의 나사산이 잠기도록 하였다. 이때 사용된 레진은 레진과 경화제로 구성되었다. 두 가지를 혼합하여 경화가 종료 될 때까지 기다려 포매를 완성하였다.(Fig. 3)

2) 반복적인 잠금과 풀림

각 고정체에 지대주를 반복적으로 장착 및 탈착하기 위해 시료를 고정 장치에 장착시켰다.(Fig. 4) 각각의 지대주는 각 시스템이 제공하는 타이타늄 지대주 나사를 이용하여 임플랜트 고정체에 고정하였다. 나사를 조일 때의 잠금력은 제조사의 지시대로 20 Ncm을 적용하였고, 잠금력을 일정하게 하기 위해 전자 토크 제어기(Brånemark system DEA 020 Torque controller)를 사용하였다.(Fig. 5) 지대주의 장착과 탈착을 20회 반복하였다. 지대주 나사를 잠그고 난 후 풀기까지 10초의 시간 간격을 두었다. 임플랜트 보철 경험이 있는 한 사람의 치과의사에 의해서 이러한 조작들이 시행되었다.

Table I. Kinds of implant system, abutments, screws and torque value used in this study

Implant system	Manufacturer	
	3i Innovation	Avana
Implant Fixture	Standard self-tapping (4.0D×13mmL)	Standard Hexlock (4.0D×10mmL)
Abutment	GingiHue™ Post abutment (4.1mmD×5mmP×2mmH)	Cemented abutment (4mmD×8mmH)
Abutment Screw	Titanium alloy screw	Titanium alloy screw
Applied Torque* (Ncm)	20	20

* Torque was applied according to manufacturer's manual.

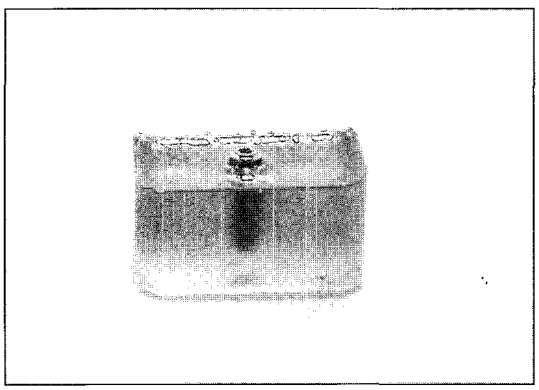


Fig. 3. Implant fixture mounted in polyesther.

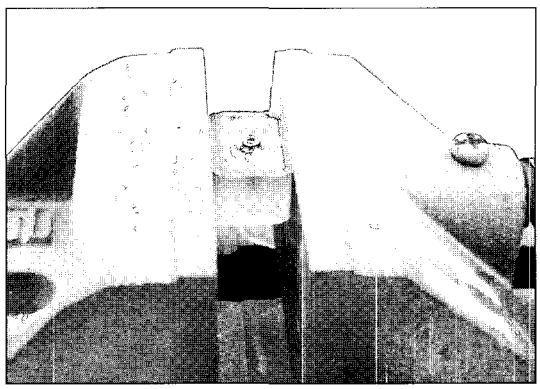


Fig. 4. Specimen-holding apparatus.

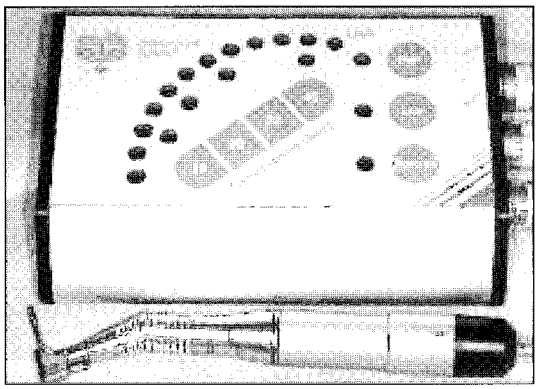


Fig. 5. Torque controller.
(Brånemark system DEA 020 Torque controller)

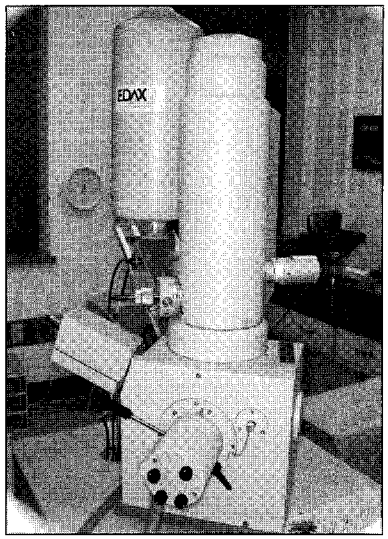


Fig. 6. FESEM used for this study.
(Netherland, Phillips co., model:XL 30 SFEG)

3) 주사전자현미경(FESEM) 고찰

반복적인 지대주의 장착과 탈착으로 인한 고정체 상부 external hexagon에 생기는 변화와 지대주의 internal hexagon에 생기는 변화를 FESEM (field emission scaning electron microscope, model:XL 30 SFEG, Phillips co. Netherland)을 이용하여 관찰하였다.(Fig. 6) 실험전 초기 시료의 상태를 관찰하였고, 지대주를 20회 반복적으로 장착 및 탈착한 후 변화를 관찰하였다. 고정체 상부 external hexagon은 30배, 100배로 관찰하였고, 지대주 내부는 약 30배로 관찰하였다. 관찰을 자세히 하기위해 시편은 45°각도로 경사지게 하였으며 실험도중 고정체나 지대주의 표면의 변화에 영향을 주지 않게 하기위해 취급시 주의를 기울였다. 각각의 시료들은 SEM 관찰전에 초음파 세척기로 세척을 시행하였다.

4) 회전유격(Rotational freedom)의 측정

회전유격(RF)을 측정하기 위해 공구현미경(TOPCON universal measuring microscope, T.U.M. 200D, Japan)을 사용하였다.(Fig. 7-a, b, c) 이 기기는 1/60°까지 측정이 가능하였다. 기기에 시편을 고정하기 위해 Jig를 제작하였다. 지대주를 고정체에 장착시키고 지대주 나사를 가볍게 조였다. 이때, 지대주 나사를 20Ncm으로 조이면 지대주가 움직이지 않으므로 지대주가 안착되는 힘만으로 조였다. Jig에 시편을 고정하고 지대주에 기준선이 새겨진 금속막대를 고정시킨 후 측정기기를 이용하여 착탈 전과 20회 착탈 후의 회전 유격(RF)을 측정하였다. 각 시료마다 5회씩 회전유격(RF)을 측정하여 각각의 평균치를 대표치로 하였다.

회전유격(RF)은 Fig. 8에서 보는 것처럼 α와 β를 합하여 계측되었다. 즉, 시계방향의 회전유격양과 반시계방향의 회전유격양을 합한 것을 회전유격(RF)으로 측정하였다.

5) 통계분석

실험 시작전과 후에 회전유격(RF)을 측정치는 각각의 시료마다 5회씩 측정한 결과의 평균을 분석하였다. SPSS(version 10.1)을 이용하여 다음과 같은 내용을 통계분석하였다.

(1) 실험전, 후의 회전유격(RF) 변화에 대한 3i와 Avana 각각의 집단 내 검정은 paired t-test를 이용하였다.

(2) 3i와 Avana 그룹 간의 실험전, 후 회전유격(RF)에 대한 비교에는 unpaired t-test를 사용하였다.

검정유의 수준은 0.05로 하였다.

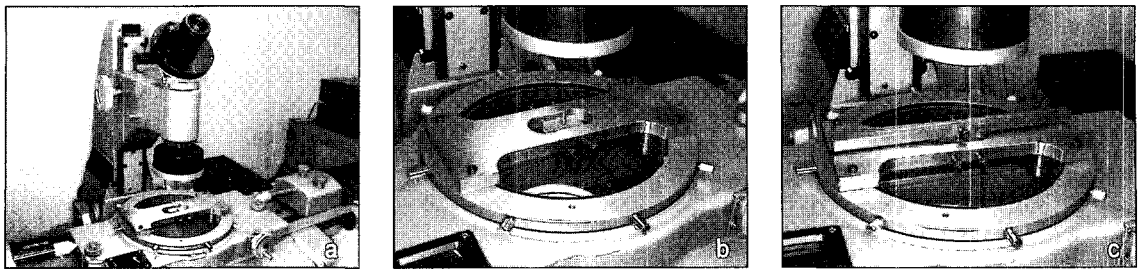


Fig. 7. Toolmaker's microscope used for measurement of rotational freedom(RF)
(a;Toolmaker's microscope, b;fixat ion of specimen using a jig, c;measuring of RF)

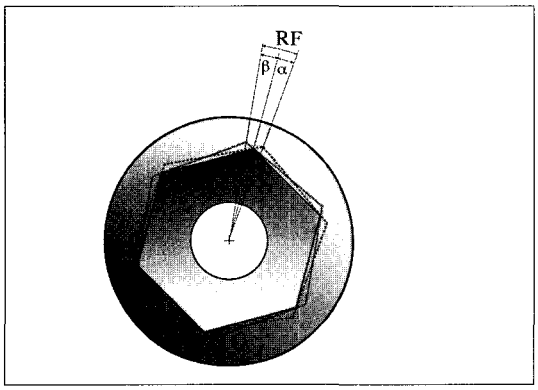


Fig. 8. Rotational Freedom(RF)
(RF=$\alpha+\beta$)

Ⅲ. 연구 성적

1. 지대주 internal hexagon의 변화

1) 3i 시스템의 변화

임플랜트의 platform과 맞닿는 지대주 기저부에 긁힌 자국과 마모가 관찰되었다. 지대주 internal hexagon의 선각(line angle, a) 대부분이 상당한 마모 현상을 보였다.(Fig. 9) 실험 전 선각(a)은 매우 가느다란 선으로 보이는 반면, 실험 후 선각(a)은 마모로 인해 두꺼운 선으로 관찰되었다.(Fig. 9) 임플랜트 고정체와 지대주간의 회전을 방지하기 위해 모서리 부분에 설치된 수평회전방지장치(zero rotation design, patented micro-stop contact, b)가 실험전과 비교해 상당한 마모 및 변형을 보였다.(Fig. 9-C, D)

2) Avana 시스템의 변화

Avana의 경우엔 3i의 지대주와 마찬가지로 지대주의 기저부와 선각(a) 부위에 긁힌 자국 및 마모가 관찰되었다.(Fig. 10-A, B) 3i 지대주와 비교할 때 고정체의 hexagon과 접촉하는 부위(b)에서 마모현상이 특징적으로 관찰되었으며 금속이 마모에 의해 떨어져 나간 양상이 보이기도 하였다.(Fig. 10-C, D)

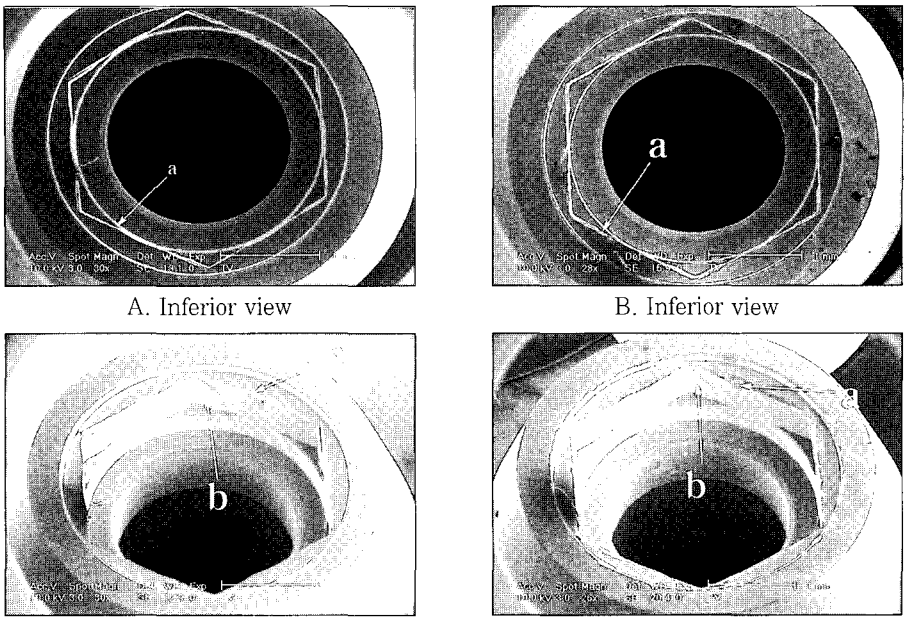
2. 고정체 external hexagon의 변화

1) 3i 시스템의 변화

실험 전 초기 시료에서는 external hexagon의 선각(a)이 선명하고 예리함을 관찰할 수 있다.(Fig. 11-A, C, E) 하지만, 실험 후에는 마모에 의해 예리하였던 선각이 무뎌져 있었다.(Fig. 11-B, D, F) 마모는 Hexagon의 6각 모서리 부분인 우각부(b)에서 가장 특징적으로 나타났으며, 모서리 부위의 선각(c)의 형태가 거의 보이지 않는 경우도 종종 관찰되었다. 3i Gingi-Hue 지대주의 수평회전 방지장치와 접촉하는 부위가 결손이나 마모를 특히 많이 보였다.(Fig. 11-F)

2) Avana 시스템의 변화

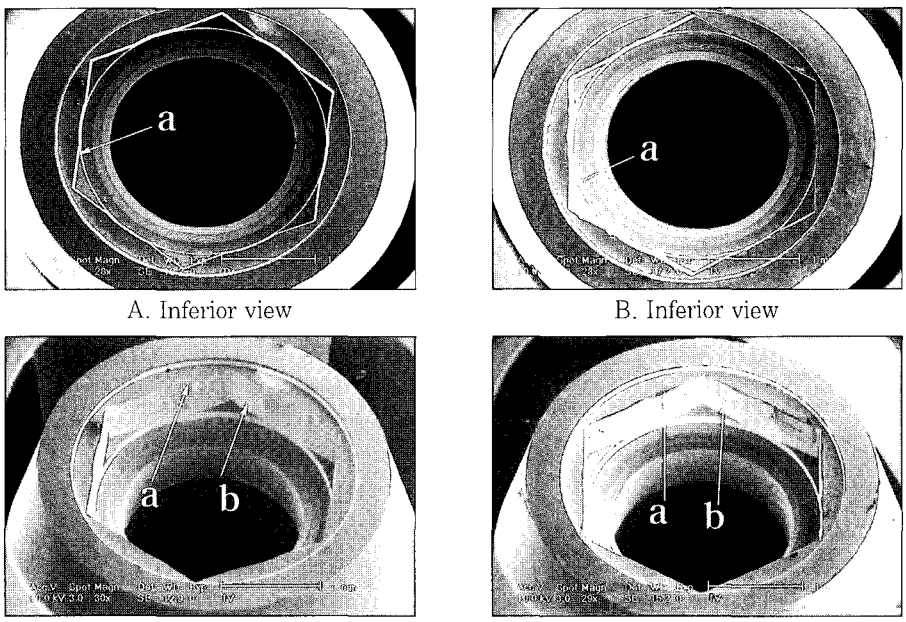
임플랜트 고정체 hexagon의 윗면과 수직면 사이의 선각(line angle) 부위에 사면(bevel, a)이 형성되어 있었다. 사면(a)과 hexagon의 모서리 부분의 우각(b)이 마모된 것이 관찰되었다. 마모는 3i시스템의 경우만큼 뚜렷하지는 않았지만, 고배율로 관찰시 hexagon의 사면(a)과 우각부위(b)에 마모로 인한 무뎌짐



A. Inferior view B. Inferior view

C. 45° tilting view of bottom D. 45° tilting view of bottom

Fig. 9. Photomicrograph of 3i Abutment in SEM.
(A, C:before test, B, D:after test:Magnification ×30, ×28, ×30, ×26)



A. Inferior view B. Inferior view

C. 45° tilting view of bottom D. 45° tilting view of bottom

Fig. 10. Photomicrograph of Avana Abutment in SEM.
(A, C:before test, B, D:after test:Magnification ×28, ×28, ×30, ×29)

이 현저하게 나타났다. 특히, 100배로 관찰 하였을 때는 마모로 인해 사면(a)의 폭이 줄어들어 있었고, 우각부의 삼각형의 면적(b)도 넓어져 있었다.(Fig. 12-E, F) 3i에 비해 특징적인 것은 지대주와 접촉하는 hexagon의 모서리 인접면에서 마모로 인한 미세한 구형의 금속 결손(c)이 몇몇 시료에서 나타났다. (Fig. 11-F)

3. 회전유격(RF)의 통계학적 분석

1) 실험 전후의 3i, Avana경우의 회전유격(RF) 측정치의 통계학적 분석(Table II)

지대주 내부에 수평 회전방지장치가 형성되어 있는 3i 시스템의 경우에는 실험 전 7개 시료에서 임플랜트와 지대주간의 회전유격(RF)의 평균값이 0.48 ±0.04°였고, 실험후 측정된 시료들의 회전유격(RF) 평균값은 1.18±0.25°였는데, 실험전과 비교해 실험후에 회전유격(RF)수치가 통계학적으로 유의하게 증가하였다.($P<0.05$, paired t-test)

임플랜트 고정체 선각에 사면이 형성된 Avana 시스템의 경우에는 실험전 7개의 시료들의 임플랜트와 지대주간의 회전유격(RF) 평균값이 1.80±0.04°였고, 실험 후에 측정된 시료들의 회전유격(RF)평균값은 2.61±0.16°였는데, 3i의 경우와 마찬가지로 실험전과 비교해 실험 후에 회전유격(RF)의 수치가 통계학적으로 유의하게 증가하였다.($P<0.05$, paired t-test)

3i와 Avana 시료들의 회전유격의 측정치들이 Table II에 나타나 있다.

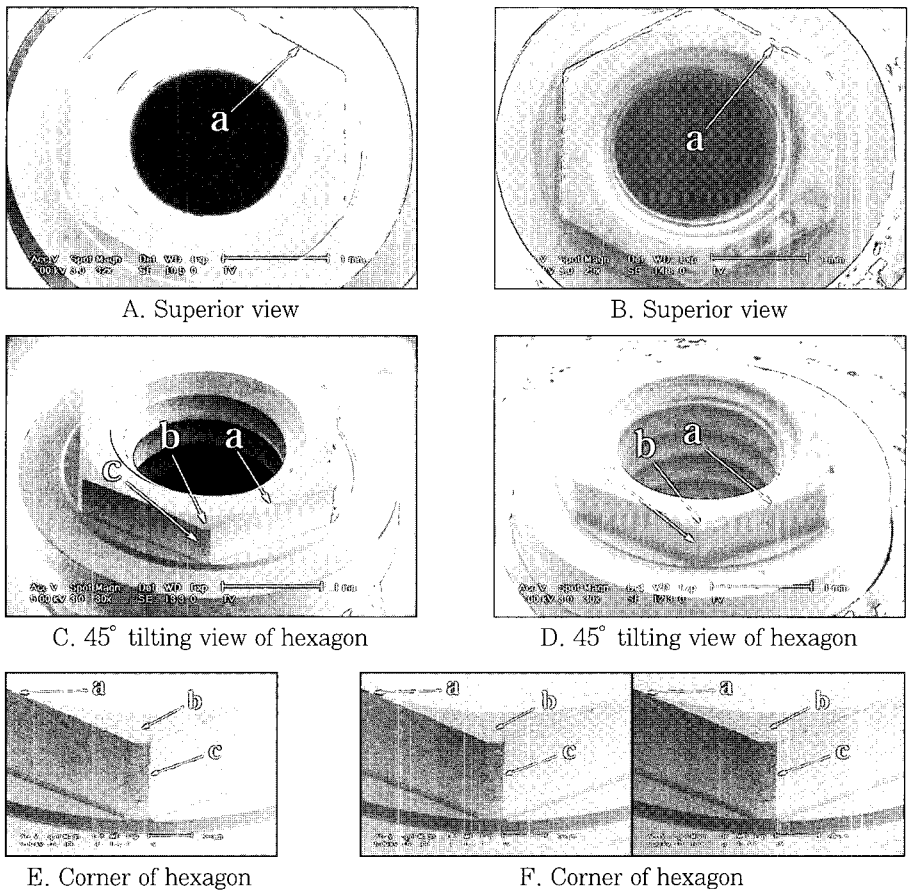
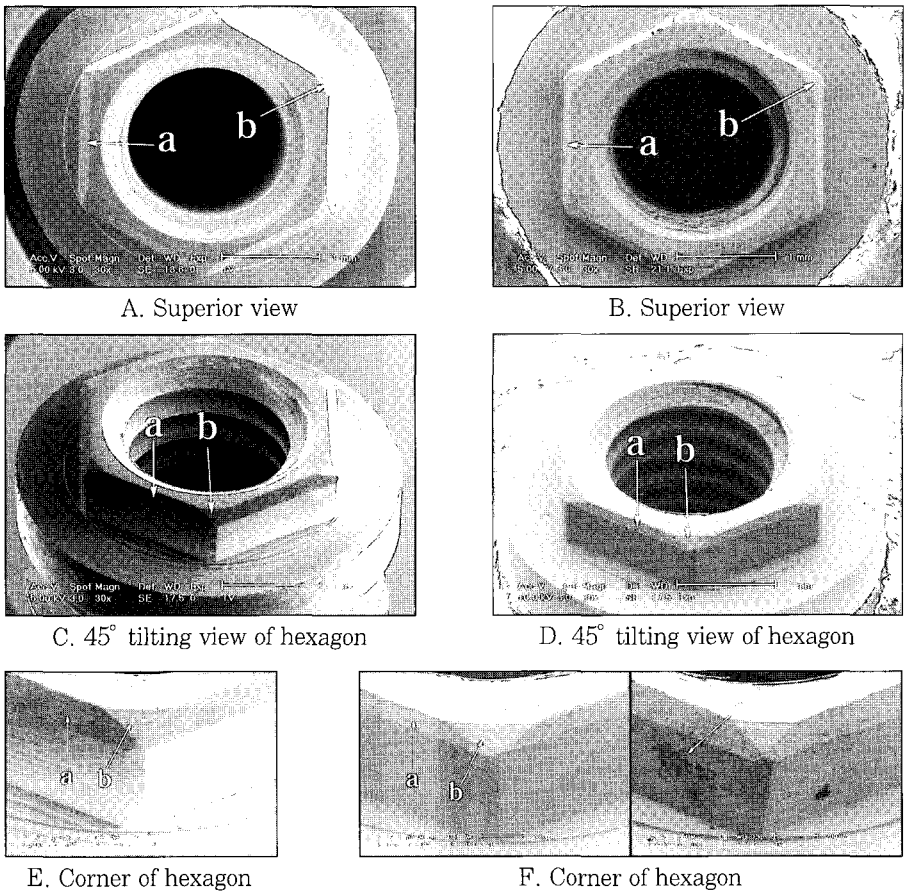


Fig. 11. Photomicrograph of external hexagon of 3i Fixture in SEM.
(A, C, E:before test, B, D, F:aftertest:Magnification ×32, ×29, ×30, ×30, ×100, ×100)



A. Superior view B. Superior view

C. 45° tilting view of hexagon D. 45° tilting view of hexagon

E. Corner of hexagon F. Corner of hexagon

Fig. 12. Photomicrograph of external hexagon of Avana Fixture in SEM.
(A, C, E:before test, B, D, F:after test;Magnification ×30, ×30, ×30, ×30, ×100, ×100)

Table II. Mean Rotational Freedom(RF) of 3i and Avana samlpes before and after test (unit;°)

Implant system	3i		Avana	
sample	Before	After	Before	After
1	0.50	1.52	1.81	2.34
2	0.49	1.55	1.85	2.74
3	0.41	1.13	1.75	2.56
4	0.54	1.04	1.73	2.72
5	0.48	1.03	1.82	2.66
6	0.47	1.03	1.83	2.49
7	0.45	0.96	1.79	2.79
Mean	0.48	1.18	1.8	2.61
SD	0.040	0.248	0.04	0.16

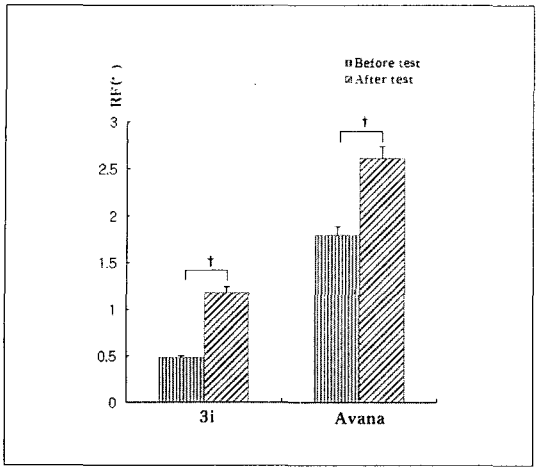


Fig. 13. *Compoarison of Mean Rotational* Freedom(RF) of 3i and Avana samples before and after test(† P<0.05, paired t-test. n=7).

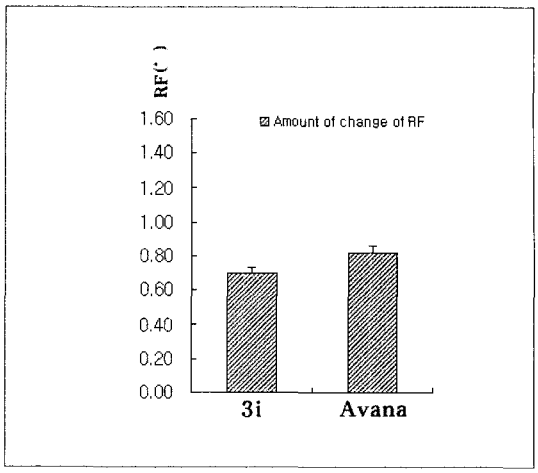


Fig. 14. *Comparison of amount of increase in* rotational freedom of 3i and Avana systems. No significant difference was found between the 2 groups(P>0.05, unpaired t-test. n=7).

Table III. Amount of increase in rotational freedom of 3i and Avana systems (unit;°)

implant system / sample	3i	Avana
1	1.01	0.53
2	1.06	0.89
3	0.72	0.81
4	0.50	1.00
5	0.55	0.84
6	0.56	0.66
7	0.50	0.99
Mean	0.70	0.82
SD	0.241	0.171

2) 3i와 Avana의 실험군간 회전유격(RF)변화 분석 (Table III)

3i 시스템의 경우는 실험전과 비교해 실험 후에 회전유격(RF)이 평균 0.70± 0.24° 증가하였다. Avana 시스템의 경우는 실험후 회전유격(RF)의 증가량이 평균 0.89±0.17°였다. 실험 전과 후의 3i와 Avana경우의 회전유격(RF) 변화량에 대해 t-test를 적용하여 분석한 결과, 두 그룹간의 회전유격(RF)변화량은 통계학적으로 유의한 차이가 없었다(P>0.05, unpaired t-test). 즉, 실험 후 Avana의 회전유격(RF) 증가량이 3i의 회전유격(RF)증가량 보다 통계학적으로 유의성 있게 크지는 않았다.

Ⅳ. 총괄 및 고안

Brånemark implant가 처음으로 소개된 이후 external hexagon은 지대주와 임플랜트 고정체를 연결하는 가장 보편적인 구조였다.[27] 많은 임플랜트 제조사들이 지대주와 임플랜트 고정체간의 연결구조를 다양하게 변화시키고는 있지만, external hexagon은 여전히 지대주와 임플랜트 고정체 사이의 연결방식에 큰 비중을 차지하고 있다. External hexagon은 원래 외과적으로 임플랜트를 식립시 회전력을 전달하기 위해 고안되었다. 그러던 것이 보철물을 위치시키는 지시자(prosthesis indexing)와 회전에 저항하는 장치로 이용되었다.[16,27] 또한, 보철물 제작을 위한 작업모형에 임플랜트 아날로그를 이전하는 목적으로 이용되며,[28] 임플랜트 접합면상에 지대주의 회전을 방지하고 더욱 안정적인 나사접합부를 제공하는데 이용된다.[29-31]

임플랜트 고정체의 external hexagon과 지대주의 internal hexagon사이의 회전적 부적합(rotational misfit)은 나사 접합부 실패의 중요한 요인들 중 한 가지이다.[19,20,32,33] Jörneus[34]등은 회전적 부적합(rotational misfit)이 없으면 나사접합부가 더욱 안정적이다고 보고하였다. Binon 등[20]은 회전적 부적합(rotational misfit)이 적어지면 나사 접합부가 나사 풀림에

더 잘 저항할 수 있다고 하였다. Binon[19,22]은 external hexagon을 가진 시스템들의 기계적 정확성에 대해 평가하였는데, 새로운 지대주와 임플랜트 고정체간의 회전적 부적합(rotational misfit)이 4°~10.1°였다고 보고하였으며, 회전유격(rotational freedom)이 클수록 나사가 풀릴 가능성이 높다고 보고하였다. 또한, 그는 나사 접합부에 최적의 안정성을 유지하기 위해서는 지대주와 임플랜트 고정체간의 회전적 부적합(rotational misfit)이 5°가 넘지 말아야 한다고 하였다.

White[35]는 수평적 적합 오차들이 임플랜트와 그들의 내부 나사로 하여금 조임시 변형을 일으키게 한다고 하였고, 그러한 변형은 나사접합부의 단단함(joint stiffness), 피로저항(fatigue resistance), 전하중 유지(preload retention)에 영향을 미치고 나사의 풀림을 야기한다고 하였으며,[12] 기계적인 실험들에서 회전적 부적합(rotational misfit)과 나사 접합부의 안정성 사이의 직접적(direct)이고 명료한 상관관계를 보여준다고 하였다.[16,19]

최근 보철물 상부구조의 반복적인 착탈을 재현하고 그러한 반복적인 착탈에 의한 변화들을 관찰하는 문헌들이 보고되고 있다. AlRafee 등[36]은 금 나사를 20회 동안 반복적으로 조이고 푸는 실험을 통해 금 나사의 항복(ultimate tensile strenth)강도에 변화가 없었다고 보고하였다. Tzenakis 등[37]은 타액을 적신 금 유지나사를 반복적으로 착탈시에 더욱 높은 전하중이 얻어졌다고 보고하였다. 그러나, Weiss 등[25]은 반복적인 지대주 나사의 사용은 점진적인 풀림력의 감소를 가져왔다고 보고하였는데, 체결 구성 성분들간의 마찰계수 감소를 그 원인으로 제시하였다. 즉, 반복적인 조임과 풀림이 나사 머리 및 나사산과 고정체 그리고, 지대주와 고정체사이에 마모를 일으키게 되고 그러한 마모는 접촉면의 마찰계수를 감소시킨다고 하였다. Yun 등[24]은 임플랜트 상부구조물의 20회의 반복적인 장착 및 제거 후 나타나는 임플랜트 external hexagon의 마모나 변형을 보고한 바 있다.

이에 본 연구에서는 이러한 반복적인 상부구조 및 지대주의 장착 및 제거로 인한 임플랜트 고정체의 external hexagon과 지대주의 internal hexagon의 마모 및 변형을 관찰하였고, 마모 및 변형으로 인한 두 구성 성분 사이의 회전유격(rotational freedom)을 측정하였다. 그리하여 반복적인 상부구조 및 지대주의 장착 및 제거가 임플랜트 접합부에서 일어나는 회전유격(rotational freedom)에 어떤 영향을 끼치는지 고찰하고자 하였다.

본 실험에서 20회의 나사의 조임과 풀림을 반복한 후 임플랜트 고정체의 external hexagon과 지대주의 내부에서 마모가 뚜렷하게 관찰되었다. 3i의 고정체의 hexagon의 모서리(corner)부위에서 수직적인 선각이 사라질 정도로 마모가 심하게 되었다. 이것은 수평적 회전방지(Zero Rotation)를 위한 GingiHue™ 지대주의 내부 디자인에 기인하는 것으로서 지대주의 internal hexagon의 모서리 부분에 형성된 수평적 회전 방지 장치가 지대주의 착탈시 마모를 일으킨 것으로 사료된다. 가끔은 hexagon 모서리의 우각과 또 다른 우각사이에서 지대주와 마모에 의한 금속의 심한 결손현상을 보였는데, 이것은 착탈시 지대주 내부의 internal hexagon과의 마찰에 의한 것으로 사료된다. Avana 임플랜트 고정체의 external hexagon에 나타나는 마모는 비교적 3i에 비해 덜 뚜렷하였으나, 역시 hexagon의 모서리부위에 있는 우각부위에서 마모가 뚜렷이 관찰되었고 hexagon 모서리의 우각과 인접하는 hexagon 모서리의 우각사이에 경사진 부위가 마모로 인해 그 폭이 감소되었음이 관찰되었다. 3i와 Avana의 임플랜트 고정체와 지대주가 마찰되는 부위에서 대부분 마멸과 응착현상이 관찰되었다. 마멸은 마찰에 의해 금속의 조각이 떨어져 나오는 마모현상이며, 응착은 그렇게 떨어져 나온 금속조각이 마찰에 의해 금속면에 부착되는 현상이다. 3i와 Avana 임플랜트 고정체와 지대주 모두에서 마멸현상이 관찰되었으나, 특히 Avana의 경우에서 뚜렷하게 관찰되었다. 이러한 현상을 마찰학에서는 서로 다른 강도를 가진 두개의 거친 금속이 마찰시에 나타나는 마찰마멸이라고 하는데, 이러한 마멸은 특히 상부구조를 조이고 풀 때 힘이 많이 가해지는 임플랜트의 external hexagon 모서리 인접면과 대합되는 지대주의 internal hexagon의 모서리 인접부에서 특징적으로 현저히 나타났다.

마모현상은 고정체의 external hexagon 상부 1/3과 hexagon 모서리의 우각부위와 모서리의 양 인접면에서 현저하게 나타났다. 또한 지대주의 internal hexagon의 하부 1/3 부위와 hexagon의 모서리의 양 인접면에서 현저히 나타났다. 이러한 마모양상이 회

전유격(RF)을 야기하는 것으로 사료된다.

3i의 경우 회전유격(RF)은 수평적 회전 방지 장치 때문에 반복적인 착탈을 가하기 전에는 평균 0.48°로 Avana의 평균 1.80°에 비하면 굉장히 작은 측정치를 나타냈으며, 실험 후에도 역시 평균 1.18°로 Avana의 평균 2.61°보다 작은 수치를 나타내었다. 이는 앞서 SEM으로 관찰한 마모양상과는 다른 결과를 나타내는 것으로 보일 수 있지만, SEM상의 현저한 마모에도 불구하고 3i의 경우가 대체로 더 작은 회전유격을 나타내는 것은 아마도 수평적 회전 방지 장치(micro-stop contact) 때문인 것 같다. 그러나, 3i와 Avana의 경우 두 가지 시스템 모두에서 실험 후의 회전유격(RF) 평균값은 실험 전에 비해 모두 유의한 차이를 보였다. 이것은 반복적인 상부구조의 장착과 제거로 인한 마모가 임플랜트 고정체와 지대주 사이의 회전유격(RF)을 증가 시켰다는 것을 의미한다. Avana의 경우 실험전과 실험 후 모두에서 3i의 경우보다 큰 회전유격(RF)의 측정치를 보였다. 그러나, 실험후의 두 그룹의 회전유격(RF) 변화의 폭은 3i와 Avana 각각 0.7°과 0.81°로 크게 차이가 나지 않았다. 변화의 양으로만 평가해보면 두 시스템사이에 통계학적으로 유의한 차이가 나타나지 않았다. 이것은 비록 3i시스템이 Avana 시스템에 비해 SEM상에서 더욱 현저한 마모를 보였으나, 회전유격(RF)에 미치는 영향은 별 차이가 없었다는 것을 나타낸다.

20회정도의 반복적인 나사의 조임과 풀림에서 실험후 3i와 Avana가 각각 평균 1.18°와 2.61°의 회전유격(RF)을 기록함으로써, 회전유격(RF)이 5° 이상을 넘지 않아야 한다는 Binon[19]의 제안을 고려할 때, 두 시스템 모두 임상적으로는 나사 안정성을 침해하지 않을 것으로 사료되었다. Binon[19]은 임플랜트 시스템들의 정확성 검사에서 회전유격(RF)값이 4-10.1°라고 보고한 바 있는데, 본 연구에서 측정된 실험전 회전유격(RF)값과는(3i는 0.48°, Avana는 1.80°) 많은 차이를 나타내었다. 이것은 최근 제조회사들이 10여년 전에 비해 더욱 정밀하게 임플랜트를 제조하기 때문으로 사료된다.

본 실험에서 사용한 3i와 Avana 두 임플랜트 시스템에서 초기시료의 회전유격(RF) 평균 값이 0.48°, 1.80°로서 작은 수치를 보였는데, 이것은 지대주를 임플랜트 고정체의 상부에 부적절한 적합없이 올바르게 적합시키기 위해서 제작사가 최소한의 허용범위 내에서 적합 유격(freedom of fit)을 부여한 것으로 생각된다. 물론, 이때의 적합 유격(freedom of fit)은 적합오차를 조절할 수 있는 수평적이고 회전적인 움직임을 허용하는 최소한의 범위에서 형성이 되어야 한다. 이론적으로 지대주 hexagon의 여섯 개 점들이 임플랜트 hexagon의 여섯 개 점들과 정확하게 일치한다면 임플랜트 hexagon 주위로 지대주의 미끄러짐 현상(slippage)은 제한될 것이다. 따라서, 지대주 internal hexagon과 임플랜트 external hexagon 사이의 정확한 적합은 나사 풀림과 전하중(preload)의 상실을 방지하거나 감소시킬 것이다. Bickford[18]가 보고하는 것처럼 나사 풀림이 하중이나 미세진동에 의한 구성성분간의 미끄러짐 현상(slippage)으로 인해 그 첫 단계가 일어난다고 가정하면, 이 지대주 internal hexagon과 임플랜트의 external hexagon 사이의 정확한 적합은 나사 풀림을 방지할 수 있는 중요한 요소가 될 수 있다고 사료된다.

임플랜트 고정체의 external hexagon은 고정체를 식립하기 위한 회전력 전달의 수단이면서 정확한 인상채득이나 보철물 시적에 중요한 지시자 역할을 하고 있다. 특히, 재현성있는 인접면 접촉과 최적의 회전저항성을 얻어내기 위해 정확한 상부구조의 장착을 요구하는 단일치 수복시에는 그 중요성이 더욱 부각된다. Weiss 등[25]은 7가지 임플랜트 시스템에서 반복적인 상부구조의 장착 후 풀림력(opening torque)을 측정하는 실험을 행하였는데, 상부구조의 탈착 횟수가 증가될수록 풀림력이 감소함을 보고한 바 있는데, 이러한 감소의 원인으로서 마찰계수의 감소를 제안하였다. 이러한 결과를 고찰해 보면, 반복적 하중보다는 반복적인 상부구조의 착탈에 의한 마모가 풀림력에 더욱 영향을 미칠 것으로 추측이 된다.

결론적으로 본 실험에서 3i와 Avana의 경우에 20회의 지대주 착탈 후 회전유격(RF)실험 후 회전유격(RF)값의 변화는 5°를 넘지 않아서 임상적으로 문제를 야기할 만한 수준은 아니었다. 하지만, 이 실험이 구강 외에서 행하여 졌고 시료의 개수가 작았던 점과 실험 후 마모현상이 뚜렷한 점을 고려하면 앞으로도 이와 관련된 더욱 많은 연구가 이뤄져야 할 것으로 사료된다.

Ⅴ. 결 론

20회의 반복적인 지대주 장착 및 제거후 발생하는 임플랜트 고정체의 external hexagon과 지대주의 internal hexagon의 변화를 SEM을 통해 관찰하였고, 임플랜트 고정체와 지대주사이의 회전유격(Rotational freedom)을 측정한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 3i, Avana 두가지 시스템 모두 대합되는 면에서 마모 현상이 뚜렷하였다. 긁힘과 결손현상도 선각부위에서 드물게 관찰되었다.
2. 실험후 임플랜트 고정체의 external hexagon에서는 3i, Avana 모두 hexagon의 모서리 부분에 마모가 특히 현저하였다. 3i에서 더욱 심한 마모 현상을 보였다.
3. 실험후 지대주 internal hexagon 관찰에서, 3i는 수평회전 방지 장치가 소실되는 경향이 뚜렷하였고 Avana는 hexagon 모서리 인접면에서 마멸현상이 뚜렷하였다.
4. 3i의 실험 전 7개 시료들의 임플랜트와 지대주간의 회전유격(RF) 평균값은 0.48±0.04°였으며, 실험 후 시료들의 회전유격(RF) 평균값은 1.18±0.25°였다. Avana의 실험전 7개의 시료들의 임플랜트와 지대주간의 회전유격(RF) 평균값은 1.80±0.04°였고, 실험후 시료들의 회전유격(RF) 평균값은 2.61±0.16°였다.
5. 3i와 Avana 두집단 모두 실험전과 비교해 실험후에 통계학적으로 유의성있는 회전유격(RF)증가가 나타났다.($P<0.05$, paired t-test)
6. 실험 후 3i의 회전유격(RF)증가량과 Avana의 회전유격(RF)증가량 사이에는 통계학적으로 유의한 차이가 없었다.($P>0.05$, unpaied t-test)

결론적으로, 20회 정도의 임플랜트 상부구조의 착탈은 임상적으로 임플랜트의 나사 접합부 안정성에 영향을 주지 않을 것으로 사료되지만, 통계학적으로는 유의성있는 회전유격(RF)의 변화를 보여주었다. 따라서, 우리는 임플랜트 구성성분의 과다한 마모를 막기 위해서 가능한 지대주 시적 및 제거를 최소한으로 하고 조심스럽게 행할 것을 권장한다. 더불어 마모를 최소화시키거나 방지할 수 있는 방안들이 강구되어야 할 것이다.

참고문헌

1. Chung CH. Complete denture 2nd Edit : Chung-Hae 1998;30:608-635.
2. Becker W, Becker BE. Replacement of maxillary and mandibular molars with single endosseous implant restorations: a retrospective study. J Prosthet Dent 1995;74:51-55.
3. 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;9:179-183.
4. Henry PJ, Laney WR, Jemt T, Harris D, Krogh PH, Polizzi G, et al. Osseointegrated implants for single-tooth replacement: a prospective 5-year multicenter study. Int J Oral Maxillofac Implants 1996;11:450-455.
5. Jemt T, Laney WR, Harris D, Henry PJ, Krogh PH Jr, Polizzi G, et al. Osseointegrated implants for single tooth replacement: a one-year report from a multicenter prospective study. Int J Oral Maxillofac Implants 1991;6:29-36.
6. Jemt T, Pettersson P. A 3-year follow-up study on single implant treatment. J Prosthet Dent 1993;21:203-208.
7. Jemt T, Lekholm U, Grondahl K. 3-year follow up study of early single implant restorations and modum Branemark. Int J Periodontics Restorative Dent 1990;5:341-349.
8. 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 check up. Int J Oral Maxillofac Implants 1991;6:270-276.

9. Khraisat A, Hashimoto A, Nomura S, Miyakawa Osamu. Effect of lateral cyclic loading on abutment screw loosening of an external hexagon implant system. J Prosthet Dent 2004;91:326-334.
10. Breeding LC, Dixon DL, Nelson EW, Tietge JD. Torque required to loosen single-tooth implant abutment screws before and after simulated function. Int J Prosthodont 1993;6:435-439.
11. Jaarda MJ, Razzoog ME, Gratton DG. Comparison of "look-alike" implant prosthetic retaining screws. J Prosthodont 1995;4:23-27.
12. 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.
13. Rangert B, Jemt T, Jorneus L. Forces and moments on Branemark implants. Int J Oral Maxillofac Implants 1989;4:241-247.
14. Weinberg LA, Kruger B. A comparison of implant/prosthesis loading with four clinical variables. Int J Prosthodont 1995;8:421-433.
15. 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.
16. Binon P, Sutter F, Beaty K, Brunski J, Gulbransen H, Weiner R. The role of screws in implant system. Int J Oral Maxillofac Implants 1994;9:48-63.
17. Haack JE, Sakaguchi RL, Sun T, Coffey JP. Elongation and preload stress in dental implant abutment screws. Int J Oral Maxillofac Implants 1995;10:529-536.
18. Bickford JH. An introduction to the design and behavior of bolted joints. Marcel Dekker, New York 1995:515-564.
19. Binon PP. The effect of implant/abutment hexagonal misfit on screw joint stability. Int J Prosthodont 1996;9:149-160.
20. Binon PP, McHugh MJ. The effect of eliminating implant/ abutment rotational misfit on screw joint stability. Int J Prosthodont 1996;9:511-519.
21. Yang JS, Vang MS, Lee SH. A vitro study of retained screw stability by various connection designs between fixture and abutment in implant dentistry. J Korea Acad Prosthodont 2004;42:83-93.
22. Binon PP. Evaluation of machining accuracy and consistency of select-ed implants, standard abutments and laboratory analogs. Int J Prosthodont 1995;2:162-178.
23. Binon PP. Evaluation of three slip fit hexagonal implants. Implant Dent 1996;5:235-248.
24. Yun SH, Kwon JJ. A study of configurational change of external hexagon after repeated insertion and removal of implant superstructure. J Korean Dentistry 2003;53:29-47.
25. Weiss EI, Kozak D, Gross MD. Effect of repeated closures and opening torque values in seven abutment-implant systems. J Prosthet Dent 2000;84:194-199.
26. Kim HJ, Chung CH, Oh SH, Choi HC. Changes of abutment screw after repeated closing and opening. J Korea Acad Prosthodont 2004;42-6: In Press.
27. English CE. Externally hexed implants, abutments, and transfer devices: A comprehensive overview. Implant Dent 1992;1:273-282.
28. Fenton AH, Zarb GA. Research status of prosthodontic procedures. Int J Prosthodont 1993;6:137-144.

29. Asavant S, Jameson LM, Hesby B. Single osseointegrated prostheses. Int J Prosdont 1988;1:291-296.
30. Jemt T. Modified single and short-span restorations supported by osseointegrated fixtures in the partially edentulous jaw. J Prosthet Dent 1986;55:243-247.
31. Weinberg LA, Kruger B. Clinical utilization of nonrotational capacity in osseointegrated prostheses: A techical note. Int J Oral Maxillofac Implants 1994;9:326-332.
32. Binon PP. Implants and components: entering the new millennium. Int J Oral Maxillofac Implants 2000;15:76-94.
33. Lang LA, Wang RF, May KB. The influence of abutment screw tightening on screw joint configuration. J Prosthet Dent 2002;87:74-79.
34. Jörnéus L, Eng M, 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.
35. White GE. Osseointegrated dental technology. Quintessence, London 1993:82-83.
36. Al Rafee MA, Nagy WW, Fournelle RA, Dhuru VB, Tzenakis GK, Pechous CE. The effect of repeated torque on the ultimate tensile strength of slotted gold prosthetic screws. J Prosthet Dent 2002;88:176-182.
37. Tzenakis GK, Nagy WW, Fournelle RA, Dhuru VB. The effect repeated torque and salivary contamination on the preload of slotted gold implant prosthetic screws. J Prosthet Dent 2002;88:183-191.

Reprint request to:

Chae-Heon Chung, D.D.S., Ph.D.
Department of Prosthodontics, College of Dentistry, Chosun University
421, Seosuk-Dong, Dong-Gu, Gwangju, 501-825, Korea
jhajung@mail.chosun.ac.kr

ABSTRACT

SURFACE CHANGE OF EXTERNAL HEXAGON OF IMPLANT FIXTURE AND INTERNAL HEXAGON OF ABUTMENT AFTER REPEATED DELIVERY AND REMOVAL OF ABUTMENT

Seok-Won Jung, D.D.S., Hee-Jung Kim, D.D.S., M.S.D., Chae-Heon Chung, D.D.S., M.S.D., Ph.D.

Dept. of Prosthodontics and Oral Biology Research Institute, College of Dentistry, Chosun University

Statement of problem: Repeated delivery and removal of abutment cause some changes such as wear, scratch or defect of hexagonal structure. It may increase the value of rotational freedom(RF) between hexagonal structures.

Purpose: The purpose of this study was to evaluate surface changes and rotational freedom between the external hexagon of the implant fixture and internal hexagon of abutment after repeated delivery and removal under SEM and toolmaker' s microscope.

Materials and methods: Implant systems used for this study were 3i and Avana. Seven pairs of implant fixture, abutment and abutment screws for each system were selected and all fixtures were perpendicularly mounted in liquid unsaturated polyesther with dental surveyor. Each one was embedded beneath the platform of fixture. Surfaces of hexagonal structure before repeated closing and opening of abutment were observed using SEM and rotational freedom was measured by using toolmaker' s microscope. Each abutment was secured to the implant fixture by each abutment screw with recommended torque value using a digital torque controller and was repeatedly delivered and removed by 20 times respectively. After experiment, evaluation for the change of hexagonal structures and measurement of rotational freedom were performed.

Result: The results were as follows :

1. Wear of contact area between implant fixture and abutment was considerable in both 3i and Avana system. Scratches and defects were frequently observed at the line-angle of hexagonal structures of implant fixture and abutment.
2. In the SEM view of the external hexagon of implant fixture, the point-angle areas at the corner edge of hexagon were severely worn out in both systems. It was more notable in the case of 3i systems than in that of Avana systems.
3. In the SEM view of the internal hexagon of abutment, Gingi-Hue abutment of 3i systems showed severe wear in micro-stop contacts that were machined into the corners to prevent rotation and cemented abutment of Avana systems showed wear in both surface area adjacent to the corner mating with external hexagon of implant fixture.

4. The mean values of rotational freedom between the external hexagon of the implant fixture and internal hexagon of abutment were 0.48±0.04° in pre-tested 3i systems and 1.18±0.25° after test, and 1.80±0.04° in pre-tested Avana systems and 2.61±0.16° after test.
5. Changes of rotational freedom after test showed statistically a significant increase in both 3i and Avana systems($P<0.05$, paired t-test).
6. Statistically, there was no significant difference between amount of increase in the rotational freedom of 3i systems and amount of increase in that of Avana ones($P>0.05$, unpaired t-test).

Conclusion: Conclusively, it was considered that repeated delivery and remove of abutment by 20 times would not have influence on screw joint stability. However, it caused statistically the significant change of rotational freedom in tested systems. Therefore, it is suggested that repeated delivery and remove of abutment should be minimal as possible as it could be and be done carefully. Additionally, it is suggested that the means or treatment to prevent the wear of mating components should be devised.

Key words : Wear, Abutment, Fixture, Hexagonal structure, Rotational freedom(RF), Screw joint stability