치과용 임플란트 시스템의 기계적 가공오차에 관한 연구

[1]경희대학교 치의학전문대학원 치과보철학교실, [2]서울대학교 치의학전문대학원 치과보철학교실

김형섭[1]·권긍록[1]·한중석[2]

연구목적 : 본 연구에서는 rotational freedom을 측정할 수 있는 기구를 개발하여 시중에서 유통되고 있는 국산 임플란트 및 다양한 국적의 임플란트들의 기계적인 가공오차들을 측정하여 다양한 임플란트 시스템의 component간의 기계적인 안정성을 평가하고자 한다. 또한 본 연구에서는 더 나아가 최근에 임플란트 abutment로 각광을 받고 있는 각종 ceramic abutment의 절삭 가공오차에 관한 항목을 측정하여 임플란트 제조사 및 임상의들에게 올바른 정보를 제공하고자 한다.

연구재료 및 방법 : 국내에서 유통되는 외부연결구조의 외국산 임플란트 시스템(Nobel Biocare, Anthorgyr)과 국산 시스템(Neobiotec)과 내부연결구조의 임플란트 시스템(외국산:Nobel Biocare, Anthorgyr, Straumann, Frident Dentsply, 국산:Dentium) 별로 임플란트 fixture, abutment, analog를 서로 교차 연결하여 회전각도측정기(rotational angle measuring device)로 freedom of rotational angle을 측정하였다. 국산 외부연결구조의 지르코니아 abutment(ZirAce)를 외부연결구조의 임플란트 시스템(Neobiotec, Nobel Biocare, Anthorgyr)의 fixture와 analog와 교차연결하여 freedom of rotational angle을 측정하였다.

연구결과 : 국산 외부연결구조의 임플란트 시스템은 약 2.67도(fixture와 abutment 연결시), 내부연결구조의 임플란트는 약 4.3도(fixture와 abutment 연결시)의 rotational freedom을 보였다. 국산 지르코니아 abutment는 외국산 및 국산 외부연결구조 임플란트 시스템과 상관없이 3도 이하(fixture와 연결시)의 결과를 보였다.

결　　론 : 시제품으로 제작된 디지털 회전각도측정기는 높은 분해능을 갖고 있었으며, 국산 임플란트의 기계적 가공오차는 외국산 임플란트와 거의 유사했다. 국산 세라믹 abutment의 기계적 가공오차는 fixture 제조회사별로 다르게 나타났지만 같은 회사의 절삭가공된 금속 abutment와 비교시 가공오차가 더 적었다.

(대한치과턱관절기능교합학회지 2008:24(1):57-65)

서　　론

치과용 임플란트는 Brånemark에 의해 골 유착 개념이 도입되면서 초기에 무치악 환자를 위한 보철치료의 한 형태로 개발되었으나, 적용범위가 확장되어 부분 무치악 증례는 물론 단일치 결손 증례에 까지 광범위하게 사용되고 있다. 이러한 임플란트 술식은 지난 수십 년 동안에 기초연

교신저자 : 김형섭
130-701 서울특별시 동대문구 회기동 1, 경희대학교 치의학전문대학원 치과보철학교실
E-mail:odontopia@khu.ac.kr
원고접수일: 2008년 1월 15일, 원고수정일: 2008년 2월 28일, 원고채택일: 2008년 3월 25일

구 및 임상사용을 통하여 치과영역에서 중요한 보철치료 술식 중의 하나로 자리잡고 있다.[1]

임플란트의 치료과정을 개괄적으로 살펴보면 우선 외과적으로 골내에 임플란트 fixture를 식립하여 골과의 osseointegration을 얻은 후에 fixture 위에 abutment를 연결하고 impression coping과 치과용 인상재로 인상을 채득하여 구강내의 상태를 인기하게 된다. 채득된 인상체에 임플란트 fixture나 abutment와 모양이 같은 analog를 impression coping에 연결하여 치과용 석고를 부어 모형을 제작하게 된다. 이후 제작된 모형이 구강내 상태를 정확하게 복제했다고 보고 이후의 보철물을 제작, 완성하게 된다.[2] 이런 일련의 치료 과정 중에서 임플란트 각 component들 간의 기계적인 적합도는 매우 중요하게 된다. 극히 일부를 제외하고는 임플란트 component는 commercially pure titanium이나 titanium 합금이며, milling machine을 이용하여 기계적으로 절삭하게 된다.

임플란트와 임플란트 보철물간의 정밀한 적합도는 임플란트 자체의 응력 분산 및 하부 골조직으로의 응력 분산에 중요하며 abutment screw나 gold screw의 loosening이나 파절과 같은 보철물의 기계적인 합병증에도 중요한 영향을 미치게 된다.[3-7]

임플란트 시스템에 따른 component들의 정밀성에 관해서는 Cheshire 등[8]은 Nobel biocare사의 임플란트 시스템에서 transmucosal abutment와 보철물간에 고무인상재를 개재시킨 후 채득된 인상재를 가지고 측정을 하여 제조사가 추천하는 10Ncm의 torque로 조인 후 수직적인 오차가 0에서 130㎛로 평균 21㎛이었으며, 수평적으로는 0에서 140㎛로 평균 31㎛이었다고 보고하였다.

Vigolo등 은 3i사의 UCLA abutment를 이용하여 rotational freedom을 측정한 결과 약 60 min를 보였다고 했으며, 가공된 상태와 보철물을 만든 후에서도 일정한 양상을 보였다고 하였다.[9]

Binon은 여러 임플란트 제조회사의 다양한 시스템에서 rotational freedom을 측정한 결과 4°에서 10°정도의 측정값을 가졌다고 보고하였다.[10]

지금까지 언급된 임플란트 시스템 및 연구 방법은 국외에서 이루어진 결과로 국내에서는 인용만 하고 있는 실정이다. 아울러 최근에 국내에서도 10여개 이상의 임플란트 제조회사들이 설립되어 국내실정에 맞는 임플란트들을 개발하여 국내시장에 공급하고 있지만 임플란트 시스템의 기계적인 안정성을 평가하는데 가장 기초가 되는 임플란트 component 간의 machining tolerance를 측정한 연구 결과가 없는 실정이다.

이에 본 연구에서는 rotational freedom을 측정할 수 있는 기구를 개발하여 시중에서 유통되고 있는 국산 임플란트 및 다양한 국적의 임플란트들의 기계적인 가공오차들을 측정하여 다양한 임플란트 시스템의 component간의 기계적인 안정성을 평가하고자 한다.

또한 본 연구에서는 더 나아가 최근에 임플란트 abutment로 각광을 받고 있는 각종 ceramic abutment의 절삭 가공오차에 관한 항목을 측정하여 임플란트 제조사 및 임상의들에게 올바른 정보를 제공하고자 한다.

재료 및 방법

1. 디지털 회전각도측정기(digitalized rotational angle measuring device)의 제작

본 연구를 위해서 특별히 고안된 디지털 회전각도측정기를 제작하였다(Fig. 1). 디지털 회전각도측정기의 원리는 로터리 엔코더를 회전시킬 때 계측되는 A상 B상의 on, off 출력에 따라 한 pulse를 계산하게 되는 원리로써 5000 pulse 의 분해능을 가지고 있는 로터리 엔코더이므로 한 바퀴 돌리는데 5000 pulse 즉, 360도를 5000의 분해능으로 계측 가능하다.

$\frac{360^{\circ}}{5000\text{pulse}} = 0.072$ 의 분해능을 가진다.



Fig. 1. Custom-made digital measuring device used to access rotational freedom.

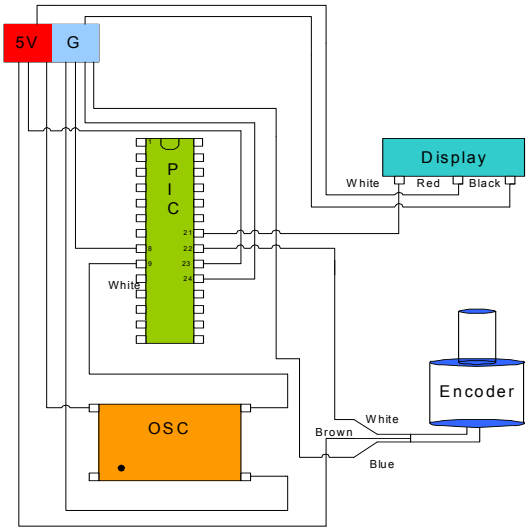

Fig. 2. Systemic diagram of custom-made digital measuring device for rotational freedom.
PIC : PIC microcontroller,
OSC : Oscillator

2. 국산 임플란트의 기계적 가공오차의 평가

국내에서 유통되는 국산 및 외산 임플란트 시스템을 조사하여 외부 연결구조의 임플란트 시스템과 내부 연결구조의 임플란트 시스템 별로 임플란트 fixture, abutment, analog를 구하여 디지털 회전각도측정기(digitalized rotational angle measuring device)로 30회 반복 측정하여 기록하였다.

1) 외부 연결구조의 임플란트

각 임플란트 회사의 abutment 3개를 fixture 및 analog 3개와 각각 교차 연결하여 rotational freedom을 측정하였다.(Table 1)

2) 내부 연결구조의 임플란트

각 임플란트 회사의 abutment 3개를 fixture 및 analog 3개와 각각 교차 연결하여 rotational freedom을 측정하였다.(Table 2)

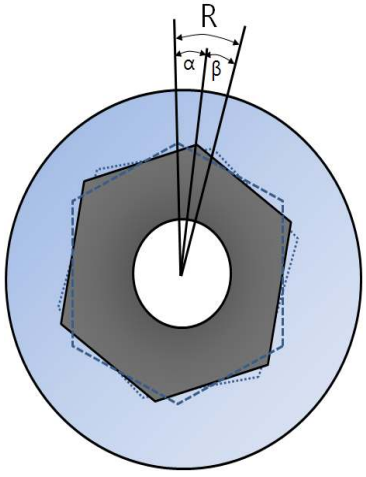

Fig. 3. Diagram illustrating rotational freedom (R) between. R represents difference between clockwise(α) and counterclockwise(β) rotation.

Table 1. External connection systems tested in this study

Manufacturer	Code		
Nobel Biocare	BMK	Fxture	Titanium Fixture SDCA038
		Analog	BMK syst RP
		Abutment	TiAdapt DCA1024-0
Anthorgyr	AE	Fxture	Screw HE
		Analog	HE analog
		Abutment	Straight HE abutment Ti SDH3
Neobiotec	NE	Fxture	Noeplant 2-SLA fixture
		Analog	UCLA lab analog
		Abutment	Gold UCLA abutment Regular

Table 2. Internal connection systems tested in this study

Manufacturer	Code		
Nobel Biocare	RS	Fxture	Replace Select Tapered HA
		Analog	Implant Replica Select RP
		Abutment	Esthetic Abutment Select RP
Anthorgyr	AI	Fxture	Screw Implant
		Analog	Implant analog
		Abutment	Straight Abutment SDH3
Straumann	ITI	Fxture	Solid Screw implant
		Analog	SynOcta analog
		Abutment	SynOcta abutment
FridentDentsply	F2	Fxture	Synchro Stepped Screw Implant
		Analog	Implant analog
		Abutment	Esthetic Base Straight abutment
Dentium	IP	Fxture	Implantium MF
		Analog	Analog DAN38
		Abutment	Direct Casting Abutment

a. Fixture와 abutment 간의 가공오차 ; Fixture 3개와 abutment 3개를 교차 연결하여 측정한다.
b. Analog와 abutment 간의 가공오차 ; Analog 3개와 abutment 3개를 교차 연결하여 측정한다.

3. 세라믹 abutment의 기계적 가공오차의 평가

국내에서 유통되는 국산 세라믹 abutment (ZirAceTM,Esthetic ceramic abutment, Acucera, Korea)과 기존 3개 임플란트 시스템의 fixture를 교차 연결하여 각 시스템과의 rotational freedom을 회전각도측정기(rotational angle measuring device)로 측정하였다.

4. 통계 분석

SPSS windows version 12으로 95%의 유의수준으로 집단별 평균과 표준편차를 구하였다.

결 과

1. 국산 임플란트의 기계적 가공오차의 평가

국산 외부 및 내부 연결구조 임플란트 시스템의 rotational freedom은 Table 3과 4에 나와 있다.

1) 외부 연결구조의 임플란트

Table 3. Results of external connected-type implant system.

	Manufacturer	Rotational freedom between abutment(degree)	
		Fixture	Analog
BMK	Nobel Biocare	4.12±0.48	3.83±0.60
AE	Anthorgyr	2.99±0.44	2.62±0.82
NE	Neobiotech	2.66±0.48	3.21±0.36

BMK: Titanium Fixture
AE: Screw HE Implant
NE: 2-SLA Fixture

2) 내부 연결구조의 임플란트

Table 4. Results of internal connected-type implant system.

	Manufacturer	Rotational freedom between abutment(degree)	
		Fixture	Analog
RS	Nobel Biocare	2.48±0.60	1.97±0.55
AI	Anthorgyr	4.08±0.86	3.86±0.81
ITI	Straumann	3.19±0.55	3.51±0.60
F2	Friadent Dentsply	0.92±0.37	2.50±0.70
IP	Dentium	4.24±0.47	4.44±0.52

RS: Replace Select Tapered HA
AI: Screw Implant
ITI: Solid Screw Implant
F2: Syncro Stepped Screw Implant
IP: Tapered Fixture

2. 세라믹 abutment의 기계적 가공오차의 평가

국산 ceramic abutment와 국내외 외부 연결구조 임플란트 시스템간의 rotational freedom은 Table 5에 나와 있다.

Table 5. Results of rotational freedom of ceramic abutment between external connected-type implant system.

	Manufacturer	Rotational freedom between abutment(degree)
		Fixture
BMK	Nobel Biocare	2.85±0.73
AE	Anthorgyr	1.03±0.58
NE	Neobiotech	2.14±0.72

BMK: Titanium Fixture
AE: Screw HE Implant
NE: 2-SLA Fixture

총괄 및 고안

본 연구는 국내에서 직접 rotational freedom을 측정할 수 있는 디지털 회전각도측정기를 제작하여 외부 연결구조 및 내부 연결구조 임플란트 fixture와 abutment 및 analog와 abutment간의 가공오차를 측정하였다. 아울러 국내에서 제작된 외부 연결구조의 zirconia abutment와 국내외 외부 연결구조 임플란트 fixture와의 적합도를 비교분석하였다. 회전각도측정기를 이용한 임플란트 구성요소들간의 적합도를 분석한 연구들은 거의 대부분 Binon이 개발한 calibrated protractor table이라는 측정기구를 이용한 것들이며,[11] 국내에서는 임플란트 제조회사들 조차도 이런 기구를 보유하고 있지 않는 실정이다. 본 연구에 사용된 디지털 회전각도측정기는 측정 정밀도가 0.072°로 우수한 성능을 보유하고 있으며, 외부 연결구조 및 내부 연결구조의 임플란트도 측정이 가능하다.

외부 연결구조의 임플란트 시스템을 측정한 결과 fixture와 abutment간의 rotational freedom은 2.66~4.12°로 나왔으며, analog와 abutment간의 freedom은 2.62~3.83°으로 측정되어 fixture보다 analog와 abutment간의 적합도가 더 우수한 것으로 측정되었다. 초기의 Branemarrk system의 standard abutment의 rotational freedom은 6.7°였으며,[10] 이를 제조사에서는 “freedom of fit"이라 하여 수평적인 error를 극복할 수 있게 디자인했다고 하였지만, abutment와 fixture간의 freedom이 작을수록 screw joint stability가 증가한다고 보고되고 있다.[12] Gold machined 3i UCLA-type abutment의 rotational freedom 정도를 연구한 Vigolo의 연구에 의하면 60.33±1.47 min를 보여주며, 도재를 소성 후에도 별 차이를 보여주지 않는다고 하였다.[9] 본 연구에서 사용된 Branemark system은 TiAdapt였으며 4.12°정도의 freedom을 나타냈다. 이에 비하면 국산 시스템은 gold UCLA 형태의 abutment였으며, 2.66° 정도의 freedom을 나타냈다. TiAdapt abutment의 freedom of rotation을 측정한 자료가 없어 국내에서 개발된 디지털 회전각도측정기의 정확도 및 신뢰도에 대한 정확한 비교를 할 수 없지만, 본 연구의 한계내에서는 국산 임플란트의 정밀성도 외국산 임플란트에 비해 뒤떨어지지 않는 것으로 판단되었다.

내부 연결구조 임플란트 시스템은 외국 제품이 0.9~4.1°의 freedom을 가지고 있었으며, 국산 제품은 4.2° 정도의 freedom을 가지고 있었다. 외부 연결구조의 임플란트 시스템과 달리 내부 연결구조의 임플란트 시스템은 abutment와의 연결이 slip-fit 연결구조와 friction-fit 연결구조로 나눌 수 있으며, slip-fit 연결구조도 내부가 육각형이나 팔각형 모양 또는 cam tube등 다양한 형태를 띠고 있으며, 내부의 수직벽의 길이도 다양하므로 추후에는 이런 내부의 디자인 종류가 freedom of rotation에 영향을 미치는 지를 비교분석할 수 있을 것으로 생각된다.[12]

현재 다양한 ceramic abutment가 재료적인 측면에서 뿐 아니라, 가공방법에서도 다양하게 개발되어 있다. 재료적인 면에서는 alumina 뿐 아니라 최근에는 Y-TZP(yttrium-stabilized zirconia polycrystal) 계통의 zirconia 및 다양한 stabilizing agent를 함유한 zirconia를 이용하고 있다. 기계가공적인 측면에서는 기성의 ceramic block abutment를 환자의 상태에 맞게 bur로 삭제를 여 custom-made abutment를 만들거나, Procera system과 같이 CAD-CAM system을 이용하여 제작하기도 한다.[13-15] ZiReal abutment의 rotational freedom을 비교한 실험에서는 abutment를 삭제하기 전에는 120.33±1.47분을, 삭제한 이후에는 120.36±1.75분을 보였다고 보고한 바 있다.[16] Titanium, zirconia, alumina로 만든 Procera abutment의 freedom은 각각 120.7±1.45, 121.5±1.32, 123.8±1.70 분으로 측정되었다.[17] 본 실험에서 사용된 국산 zirconia abutment는 약 1~2.85°의 rotatinal freedom을 보이고 있으며, 국산 외부 육각연결구조 임플란트와 국산 zirconia abutment간의 rotational freedom도 만족할만한 결과를 보이고

있다고 볼 수 있다.

컴퓨터 제어 기술로 절삭 가공 오차를 3~5㎛ 정도로 줄일 수 있다고 했지만,[18] tunsten carbide bur나 diamond cutting bur로 회전 절삭을 하기 때문에 사용함에 따라 무뎌지면서 기구를 제 시기에 교체해주지 않으면 절삭 가공 오차가 커질 수 밖에 없을 것이다. 따라서 검증 시스템이 잘 갖춰진 임플란트 시스템을 선택하는 것도 중요하다고 할 수 있다. 많은 수의 국산 임플란트 회사들이 다양한 종류의 임플란트 시스템을 생산하며 시장에 유통시키고 있지만, 이러한 기본적인 정보들을 임상가 입장에서 접할 수 있는 기회가 만들어져야 하며, 본 실험에서 개발하여 사용한 ptototype의 디지털 회전각도측정기가 도움이 될 수 있을 것이다.

결 론

1. 시제품으로 제작된 디지털 회전각도측정기는 높은 분해능을 갖고 있다.
2. 국산 임플란트의 기계적 가공오차는 외국산 임플란트와 거의 유사했다.
3. 국산 세라믹 abutment의 기계적 가공오차는 fixture 제조회사별로 다르게 나타났지만 같은 회사의 절삭가공된 금속 abutment와 비교시 가공오차가 더 적었다.

이상의 연구 결과로 보아 국산 임플란트와 외산 임플란트 간의 machining tolerance를 비교하여 국산 임플란트 시스템의 기계적인 가공 현황을 파악하고 국산 임플란트 시스템 발전의 기초적인 근거로 활용될 수 있도록 한다.

연구비 지원 및 사의

이 연구는 2004년도 경희대학교 연구비 지원에 의한 결과임(KHU-20040922).

참 고 문 헌

1. Branemark P.I. Osseointegration and its experimental back ground. J Prosthet Dent 1983:50:397
2. Daoudi MF, Setchell DJ, Searson LJ. A laboratory investigation of the accuracy of two impression techniques for single-tooth implants. Int J Prosthodont. 2001 Mar-Apr;14(2):152-8.
3. LaMar FR Jr. Microgap or macrogap: significance of the marginal discrepancy between implant crown and abutment. Int J Periodontics Restorative Dent. 2004 Jun;24(3):207.
4. May KB, Edge MJ, Russell MM, Razzoog ME, Lang BR. The precision of fit at the implant prosthodontic interface. J Prosthet Dent. 1997 May;77(5):497-502.
5. Jansen VK, Conrads G, Richter EJ. Microbial leakage and marginal fit of the implant-abutment interface. Int J Oral Maxillofac Implants. 1997 Jul-Aug;12 (4):527-40. Erratum in: Int J Oral Maxillofac Implants 1997 Sep-Oct;12(5):709.
6. Tan KB, Nicholls JI. Implant-abutment screw joint preload of 7 hex-top abutment systems. Int J Oral Maxillofac Implants. 2001 May-Jun;16(3):367-77.
7. McGlumphy EA, Mendel DA, Holloway JA. Implant screw mechanics. Dent Clin North Am. 1998 Jan;42(1):71-89
8. Cheshire PD, Hobkirk JA. An in vivo quantitative analysis of the fit of Nobel Biocare implant superstructures. J Oral Rehabil. 1996 Nov;23(11): 782-9.
9. Vigolo P, Majzoub Z, Cordioli G. Measurement of the dimensions and abutment rotational freedom of gold-machined 3i UCLA-type abutments in the as-received condition, after casting with a noble metal alloy and porcelain firing. J Prosthet Dent. 2000 Nov;84(5):548-53.
10. Binon PP. Evaluation of machining accuracy and consistency of selected implants, standard abutments, and laboratory analogs. Int J Prosthodont. 1995 Mar-Apr;8(2):162-78. Erratum in: Int J Prosthodont 1995 May-Jun;8(3):284.
11. Binon PP. Evaluation of the effectiveness of a technique to prevent screw loosening. J Prosthet

Dent. 1998 Apr;79(4):430-2.
12. Binon PP. Implants and components: entering the new millennium. Int J Oral Maxillofac Implants. 2000; 15(1):76-94.
13. Kucey BK, Fraser DC. The Procera abutment--the fifth generation abutment for dental implants. J Can Dent Assoc. 2000 Sep;66(8):445-9.
14. Heydecke G, Sierraalta M, Razzoog ME. Evolution and use of aluminum oxide single-tooth implant abutments: a short review and presentation of two cases. Int J Prosthodont. 2002 Sep-Oct;15(5):488-93.
15. Brodbeck U. The ZiReal Post: A new ceramic implant abutment. J Esthet Restor Dent. 2003;15(1): 10-23; discussion 24.
16. Vigolo P, Fonzi F, Majzoub Z, Cordioli G. An in vitro evaluation of ZiReal abutments with hexagonal connection: In original state and following abutment preparation. Int J Oral Maxillofac Implants. 2005;20(1):108-114.
17. Vigolo P, Fonzi F, Majzoub Z, Cordioli G. An in vitro evaluation of titanium, zirconia and alumina Procera abutments with hexagonal connection. Int J Oral Maxillofac Implants. 2006;21(4):575-580.
18. English CE. Externally hexed implants, abutments and transfer devices: a comprehensive overview. Implant Dent 1992;1:273-282

Machining Tolerance of Various Implant Systems and their Components

Hyeong-Seob Kim[1], Kung-Rock Kwon[1], Jung-Suk Han[2]

[1]Department of prosthodontics, School of dentistry, Kyung Hee University
[2]Department of prosthodontics, School of dentistry, Seoul National University

Purpose: Misfit of implant components was very important in terms of prosthodontics. they has been linked to prosthetic complications such as screw loosening and fracture. Although there are many results about rotational freedom or machining tolerance between fixture and abutments, the data about domestic implant systems are lacking. The aim of this in vitro study was to evaluate the rotational freedom of domestic external and internal connection implant systems between their fixtures/anlaogs and abutments comparing imported systems.

Materials and Methods: Rotational freedom between abutments and fixtures/analogs was investigated by using digitalized rotational angle measuring device. (1) 1 domestic external connection system(Neobiotec) and 2 imported external connection systems(Nobel Biocare, Anthorgyr), (2) 1 domestic internal connection system(Dentium) and 4 imported external connection systems(Nobel Biocare, Anthorgyr, Straumann, Frident Dentsply), and (3) 1 domestic zirconia external connection abutment(ZirAce) were evaluated. Each group has 3 samples. Mean values for each group were analyzed.

Results: The differences relative to rotational freedom between domestic and imported implant systems were observed but domestic external connection implant system showed about 2.67 degrees(in case of fixture) and internal connection system showed about 4.3 degrees(in case of fixture). Domestic zirconia abutment showed less than 3 degrees of rotational freedom in a situation where the abutment was connected to an implant fixture egardless of domestic or imported systems.

Conclusion: Newly developed digitalized rotational angle measuring device has high measuring resolution. The rotational freedom of domestic implant systems were similar to imported implant systems

Key words: rotational freedom, machining tolerance, implant, abutment

Correspondence to:Prof. Hyeong-Seob Kim
Department of Prosthodontics, School of Dentistry Kyung Hee University#1, Hoegi-dong, Dongdaemun-gu, Seoul, 130-701, KOREA
Tel.:+82-2-958-9348
Fax:+82-2-958-9349
E-mail:odontopia@khu.ac.kr
Received: January 15, 2008, Last Revision: February 28, 2008, Accepted: March 25, 2008