다른 연결 시스템을 갖는 임플랜트 상부 구조물에서 조임술식에 따른 지대주 나사의 풀림 토크값에 대한 연구

단국대학교 치과대학 치과보철학 교실

김동욱 · 최유성 · 조인호

임플랜트 치료가 보편화되고, 다양한 형태와 재료의 상부 구조물이 보급되었다. 그리고 실패에 대한 보고도 다양하며, 그 중 지대나사의 풀림현상이 가장 흔하다고 지적되고 있다. 본 연구는 외부연결구조와 내부연결구조 임플랜트에 의해 지지되는 상부 구조물을 나사로 연결할 때, 세 가지 나사조임순서와 두 가지 나사조임방법에 따른 나사의 풀림 토크값을 비교하여 나사조임순서와 나사조임방법이 서로 다른 연결구조에 따라 나사풀림현상에 미치는 영향을 알아보고자 하였다. 완전 무치악 하악모형을 자가중합형 아크릴릭 레진으로 제작하고 이공간 부위에 중심간 거리가 약 15 ㎜ 되도록 네 개의 임플랜트 고정체 유사체를 고정한 후 바 타입으로 납형 형성하여 상부 구조물을 주조 제작하였다. 상부 구조물과 정확한 적합이 되는 주모형을 제작한 후 연결 인상법으로 외부연결구조, 내부연결구조를 가지는 연구모형을 각각 5개씩 제작하였다. 각 모형에서 각 나사의 풀림 토크값을 가장 왼쪽에 조여지는 나사를 1번 나사로 하고 가장 오른쪽의 나사를 4번 나사로 명명하였다. 먼저, 나사조임순서의 영향을 알아보기 위해 1-2-3-4, 2-3-1-4, 2-4-3-1의 순서로 15 Ncm의 힘으로 조이고, 다시 같은 순서로 최종 조임토크값인 30 Ncm까지 조인 후 (2-step 방법) 각 나사의 풀림 토크값을 측정하였다. 또한 나사조임방법의 영향을 알아보기 위해 2-3-1-4의 순서로 한 번에 최종 조임토크값인 30 Ncm까지 조인 후 (1-step 방법) 각 나사의 풀림 토크값을 측정하여 같은 순서 (2-3-1-4)의 2-step 방법과 비교하였다. 세 가지 나사조임순서에 따른 나사의 풀림 토크값은 외부연결구조에서 2-3-1-4군이 2-4-3-1군보다 유의하게 낮았다 ($p<0.05$). 그리고 내부연결구조에서도 2-3-1-4군이 2-4-3-1군과 1-2-3-4군보다 유의하게 낮았다 ($p<0.05$). 또한 나사조임순서와 무관하게 몇 번째 조여진 나사인지에 따른 풀림 토크값을 비교해 본 결과, 외부연결구조에서는 처음에 조여진 나사가 두 번째 조여진 나사보다 유의하게 높았으나 ($p<0.05$), 내부연결구조에서는 처음에 조여진 나사에서부터 마지막에 조여진 나사 간에 차이가 없었다. 그리고 두 가지 나사조임방법 간에는 외부연결구조와 내부연결구조 모두에서 통계학적으로 유의한 차이가 없었다. 연결구조에 대한 비교에서 외부연결구조와 내부연결구조의 풀림 토크값은 각각 16.27 Ncm, 14.25 Ncm 였으며, 통계적으로 유의한 차이가 나타났다 ($p<0.05$). 다수 임플랜트에 의해 지지되는 상부 구조물을 나사로 연결할 때, 나사조임순서에 따라 차이가 있었으며, 가운데부터 조인 경우에서 풀림 토크값이 낮았고, 연결구조 간에도 차이가 있었다. 풀림 토크값에 미치는 요인에 대해 좀 더 상세히 분석할 필요가 있으며, 하중 조건에서의 부가적인 연구가 필요할 것으로 사료된다.

주요어: 나사조임방법, 나사조임순서, 임플랜트 연결구조, 풀림토크값

(**구강회복응용과학지** 2011:27(4):343~358)

교신저자: **조인호**
단국대학교 치과대학 치과보철학교실 충청남도 천안시 신부동 산7-1, 330-716, 대한민국
TEL: 82-41-550-1974, E-mail: cho8511@dankook.ac.kr
원고접수일: 2011년 09월 03일, 원고수정일: 2011년 09월 20일, 원고채택일: 2011년 12월 25일

서 론

임플랜트는 Brånemark에 의해 골유착 개념이 소개된 이래 완전 및 부분 무치악 환자에서 보편화되고, 다양한 형태와 재료의 상부 구조물이 보급되었다. 그리고 임플랜트와 관련된 실패에 대한 보고도 다양하다. 지대나사의 풀림 및 파절, 고정체나 상부 보철물의 파절, 보철적 디자인 및 교합 문제, 치태 침착, 골유착 상실 및 골흡수 등에 관한 문제점이 지적되고 있다.[1-3] 이 중 가장 보편적인 문제점은 임플랜트에 보철물을 연결하는 지대나사의 풀림현상이다.[4-11] 나사의 풀림은 부적절한 조임회전력, 과부하에 의한 나사의 소성변형과 전하중의 상실, 기능하중에 의한 진동 등에 의해 발생한다.[12] 임상에서 나사 풀림은 나사 연결부의 이개를 야기하며, 이로 인한 세균막의 침착은 물론 나사의 파절 및 인접 임플랜트의 과부하로 인한 변연골 흡수나 골유착 상실과 같은 문제를 유발할 수 있다.[13]

나사조임의 목적은 나사풀림을 방지하도록 적절한 전하중을 발생시켜 나사 구성요소의 안정성을 얻기 위함이다.[14] 전하중의 크기는 조임회전력의 크기와 속도, 나사의 재질과 기하학적 형태, 지대주의 형태, 가공 오차, 윤활제의 사용과 같은 다양한 요소에 의해 영향을 받기 때문에, 동일한 조임회전력을 적용하였다 할지라도 임플랜트 시스템의 종류에 따라 전하중의 크기가 달라질 수 있다.[15,16] 따라서 지대주 나사 연결부의 안정성을 위해 다양한 임플랜트 시스템에 대한 연구가 필요하다.

단일 형태의 보철수복 뿐만 아니라 다수 임플랜트에 의한 보철수복이 보편화됨에 따라, 다수의 임플랜트에 의해 지지되는 상부 구조물에 대한 지대주 나사 연결부 안정성에 대한 연구가 필요하다. 하지만 다수의 임플랜트에 의해 지지되는 상부 구조물은 단일 형태에 비해 불량한 적합을 가질 확률이 높아진다. 불량한 적합을 갖는 상부 구조물을 나사로 연결하는 것은 높은 전하중 응력을 야기하며, 임플랜트나 보철 구성요소들의 풀림이나 파절을 야기할 수 있다.[2] 따라서 나사 풀림을 예방하거나 줄이기 위해서는 정확한 적합을 갖는 상부 구조물을 제작 및 평가하는 것이 필요하다.

Hobo 등[17]은 임플랜트 지지 상부 구조물을 지대주나 임플랜트에 나사로 연결할 때 발생되는 응력과 나사풀림을 최소화하기 위해 원형순서(circular order)보다는 바퀴를 조이는 순서(cross-wise order)로 나사를 조일 것을 추천하였으며, Jemt[18]는 중앙에 위치한 나사부터 시작하여 최종적으로 가장 바깥쪽의 나사를 조이는 방법을 추천하였다. 그리고 나사조임순서에 따른 발생응력에 관한 여러 연구에서, 상부 구조물이 비교적 정확한 적합을 갖는 경우에는 서로 다른 나사조임순서에 대해 발생되는 응력에 차이가 없으나 불량한 적합을 갖는 경우에는 차이를 보인다고 보고되었다.[19-21]

이에 본 연구는 아크릴릭 레진을 이용한 연결인상법을 통해 제작한 연구모형상에서, 외부연결구조와 내부연결구조 임플랜트에 의해 지지되는 상부 구조물을 나사로 연결할 때, 세 가지 나사조임순서와 두 가지 나사조임방법에 따른 나사의 풀림 토크값을 비교하여 나사조임순서와 나사조임방법이 서로 다른 연결구조에 따라 나사풀림현상에 미치는 영향을 알아보고자 하였다.

연구재료 및 방법

1. 상부 구조물 제작

외부연결구조를 가지는 임플랜트 고정체와 내부연결구조를 가지는 임플랜트 고정체에 연결되는 상부 구조물을 제작하기 위해, 먼저 완전 무치악 하악모형을 자가중합형 아크릴릭 레진(Ortho-Jet™, Lang Dental Manufacturing Co. Inc., Wheeling IL, USA)으로 제작하고 중심간 거리가 약 15 ㎜ 되도록 이공간 부위에 네 개의 구멍을 형성하였다. 외부연결구조의 네 개의 임플랜트

Table I. Implant components used in this study

Implant component	Code		Manufacturer
	External type	Internal type	
Implant fixture lab analogue	FAR300	GSTLA400	Osstem Co., Seoul, Korea
Fixture pick-up impression coping	ICFR500N	GSPIS5015N	Osstem Co., Seoul, Korea
Guide pin	CSR150	GSPGPR150L	Osstem Co., Seoul, Korea
Non-hex UCLA gold abutment	GCR100	GSGA4510B	Osstem Co., Seoul, Korea
Ebonygold abutment screw	ASR200W	GSASR	Osstem Co., Seoul, Korea

고정체 유사체 (FAR300, Osstem Co., Seoul, Korea)를 서로 평행하게 아크릴릭 레진 (Pattern resin, GC Co., Tokyo, Japan)으로 고정하였다 (Fig. 1). 각 고정체 유사체에 Non-hex UCLA 지대주 (GCR100, Osstem Co., Seoul, Korea)를 연결하고, 단면이 직사각형 (6×4 mm)인 bar attachment 납형을 제작한 후, 제 4형 금합금 (V-Delta® Special, Metalor Technologies SA, Oensingen, Swiss)으로 주조하여 외부연결구조를 가지는 네 개의 임플랜트에 직접 연결되는 상부 구조물을 제작하였다. 같은 방법으로 내부연결구조의 임플랜트 고정체 유사체 (GSTLA400, Osstem Co., Seoul, Korea)와 Non-hex UCLA 지대주 (GSGA4510B, Osstem Co., Seoul, Korea)를 사용하여 내부연결구조를 가지는 네 개의 임플랜트에 직접 연결되는 상부 구조물을 제작하였다 (Fig. 2). Table I은 본 연구에 사용된 임플랜트 재료이다.

2. 주모형 제작

외부연결구조와 연결되는 상부 구조물과 최대한 정확한 적합을 갖는 모형을 제작하기 위해 하악 모형에 상부 구조물을 유도핀 (CSR150, Osstem Co., Seoul, Korea)으로 연결한 후, 고점도

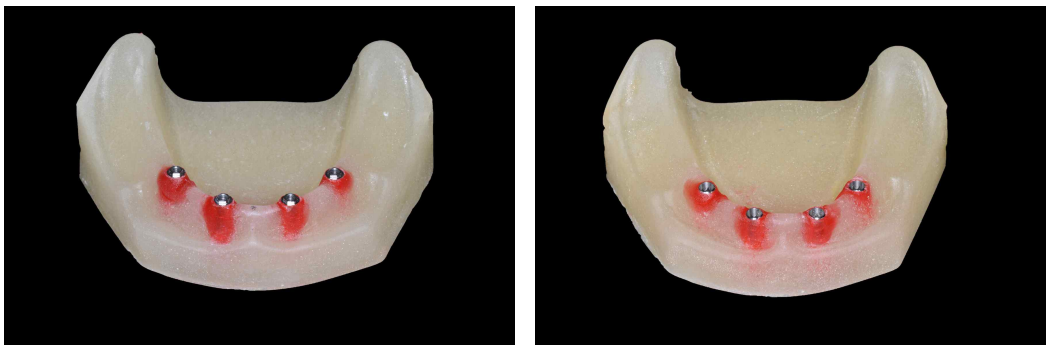

Fig. 1. Fully edentulous mandibular model used in this study
(a) model of external connection system
(b) model of internal connection system

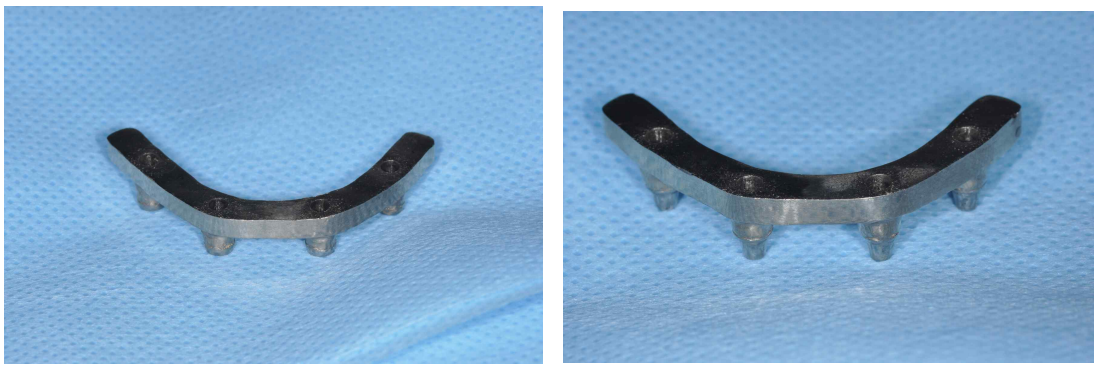

Fig. 2. Implant superstucture casted with gold alloy
(a) external connection system (b) internal connection system



Fig. 3. Master model made from a pick up impression of the superstructure
(a) external connection system (b) internal connection system

폴리이써 인상재 (Impregum Penta®, 3M ESPE Dental AG, Seefeld, Germany)와 개인 트레이 (Quicky, Nissin Dental Products Inc., Kyoto, Japan)를 이용하여 픽업인상을 채득하였다. 그 후 인상체 내의 상부 구조물에 네 개의 임플랜트 고정체 유사체를 연결하고 초경석고 (GC Fuji Rock® EP, GC Co., Tokyo, Japan)를 제조사의 지시에 따라 진공혼합하여 붓고 완전한 경화를 위해 1시간 후 분리하였다. 같은 방법으로 유도핀 (GSPGPR 150L, Osstem Co., Seoul, Korea)을 이용해서 내부연결구조의 상부 구조물과 연결되는 주모형을 제작하였다 (Fig. 3).

3. 연구모형의 제작

이미 만들어진 상부 구조물과 잘 맞는 연구모형을 제작하기 위해 주모형에서 아크릴릭 레진 연결 인상법이 사용되었다. 외부연결구조, 내부연결구조의 주모형을 각각 다섯 번의 인상을 채득하여 총 10개의 연구모형을 제작하였다.

픽업 인상용 코핑 (ICFR500N, Osstem Co., Seoul, Korea)과 유도핀을 20 Ncm의 힘으로 주모형상의 임플랜트 유사체에 고정한 후, 치실로 인상용 코핑 사이를 묶고 자가중합형 레진 (Pattern resin, GC Co., Tokyo, Japan)을 이용하여 연결고정



Fig. 4. Splinted pick up type impression copings
(a) external connection system (b) internal connection system

하였다. 자가중합형 레진이 완전히 중합된 후 중간부위를 디스크로 절단하고 24 시간 동안 기다린 후, 절단된 부위를 다시 자가중합형 레진으로 연결하고 15 분 뒤에 인상을 채득하였다 (Fig. 4).

적절한 인상재 공간을 갖는 개인 트레이의 제작을 위해 픽업 인상용 코핑을 주모형에 매립된 임플랜트 유사체에 연결하고, 주모형 상부에 베이스 플레이트 왁스를 적용하였다. 그 후 알지네이트 (ALGINoplast®, Heraeus Kulzer GmbH, Hanau, Germany)를 이용하여 주모형을 복제하고 초경석고 (GC Fuji Rock® EP, GC Co., Tokyo, Japan)를 부어 초경석고 복제물을 제작하였으며, 복제물 상에 3개의 트레이 stop을 설계하였다. 자가중합형 트레이 레진 (Quicky, Nissin Dental Products Inc., Kyoto, Japan)을 이 복제물 상에 적용하여 통상의 방법으로 개인 트레이를 제작하였다. 트레이의 상면에 유도핀을 위한 구멍을 형성하였으며, 레진의 중합수축에 의한 변형을 방지하기 위하여 상온의 물에 담근 채 24시간 이상이 경과한 후 사용하였다. 인상 채득 15분 전에 폴리이써 접착제 (Polyether adhesive, 3M ESPE AG, Seefeld, Germany)를 도포하였다. 인상체의 경화 시간인 6분 후 인상체를 모형으로부터 분리하였다. 이 과정을 외부연결구조, 내부연결구조의 주모형에서 각각 다섯 번씩 반복하여 총 10개의 연구모형을 제작하였으며, 최소 24시간 이상 실온에서 보관 후 나사의 풀림 토크값을 측정하였다.

4. 풀림 토크값의 측정

외부연결구조 임플랜트와 내부연결구조 임플랜트 보철물에서 나사조임순서와 나사조임방법이 나사풀림현상에 미치는 영향을 알아보기 위해 상부 구조물을 각 연구모형에 위치시킨 후, 세 가지 나사 조임 순서와 두 가지 나사조임방법으로 조인 후, 각 나사의 풀림 토크값을 측정하였다. 측정시 연구모형을 견고한 장치에 고정하여 연구모형의 회전을 방지하였다.

각 나사의 풀림 토크값을 가장 왼쪽에 조여지는 나사를 1번 나사로 하고 가장 오른쪽의 나사를 4번 나사로 명명하였다. 먼저, 나사조임순서의 영향을 알아보기 위해 1-2-3-4, 2-3-1-4, 2-4-3-1의 순서로 15 Ncm의 힘으로 조이고, 다시 같은 순서로 최종 조임토크값인 30 Ncm까지 조인 후 (2-step 방법) 각 나사의 풀림 토크값을 측정하여 비교하였다. 그리고 각 나사에 대해 조여진 순서에 따라 몇 번째 조여진 나사인지에 따른 풀림 토크값을 비교하였다. 또한 나사조임방법의 영향을 알아보기 위해 2-3-1-4의 순서로 한 번에 최종 조임토크

Table Ⅱ. Classification of experimental groups

		External type	Internal type
Tightening sequence	2-3-1-4	EA	IA
	1-2-3-4	EB	IB
	2-4-3-1	EC	IC
Tightening method	1-step	EM1	IM1
	2-step	EM2	IM2
Screw	1st tighten	$E1^{st}$	$I1^{st}$
	2nd tighten	$E2^{nd}$	$I2^{nd}$
	3rd tighten	$E3^{rd}$	$I3^{rd}$
	4th tighten	$E4^{th}$	$I4^{th}$



Fig. 5. Digital torque gauge (iSD900, Nakanishi Inc.,Tochigi-ken, Japan)



Fig. 6. Measurement of detorque values (HTG2 -200Nc, Imada Co., Toyohashi, Japan)

값인 30 Ncm까지 조인 후 (1-step 방법) 각 나사의 풀림 토크값을 측정하여 같은 순서 (2-3-1-4)의 2-step 방법과 비교하였다 (Table Ⅱ).

각 나사는 전기토크모터 (ISD900, NAKANISHI Inc., Tochigi-ken, Japan)를 이용하여 정해진 토크로 조였고, 나사의 풀림 토크값은 나머지 세 개의 나사가 조여져 있는 상태에서 디지털토크측정기 (HTG2-200Nc, IMADA Co., Toyohashi, Japan)를 사용하여 측정하였다 (Fig. 5). 나사의 조임과 풀림 토크값의 측정시 드라이버가 임플랜트의 장축과 평행이 되도록 하였으며, 각 연구모형에서 총 2회 측정하였다. 나사 조임과 풀림 토크값의 측정은 한 명의 잘 훈련된 검사자에 의해 시행되었다 (Fig. 6)

5. 통계 분석

SPSS (Release 12.0, SPSS Inc., Chicago, USA)를 사용하여 통계처리 하였다. 각 연결 구조에서의 세 가지 나사조임순서에 따른 나사의 풀림 토크

값과 이 때 조여진 순서별 각 나사의 풀림 토크값은 이원배치 분산분석을 이용하였다. 또한 두 가지 나사조임방법에 따른 나사풀림 토크값도 이원배치 분산분석을 이용하였다. 그리고 외부연결구조와 내부연결구조에 따른 나사의 풀림 토크값은 일원배치 분산분석을 사용하였다. 통계적 유의성은 95% 유의 수준으로 검증하였으며, 사후 검정을 위해서 Tukey HSD test을 시행하였다.

결 과

1. 외부연결구조에서의 풀림 토크값

Table Ⅲ은 외부연결구조에서 나사를 동일한 나사조임방법 (2-step) 으로 조였을 때의 각 나사 조임순서와, 같은 나사조임순서 (2-3-1-4)로 조였을 때의 각 나사조임방법에 대한, 네 개 나사의 풀림 토크값의 평균과 표준편차를 보여준다. 그리고 세 가지 나사조임순서에 대해 네 나사의 조여진 순서별 풀림 토크값의 평균과 표준편차는 Table Ⅳ 와 같다. 세 가지 나사조임순서에 대한 풀림 토크값의 평균은 각각 15.7 Ncm, 16.3 Ncm, 16.9 Ncm 였으며, 이원배치 분산분석으로 검정한 결과 군 간에 유의한 차이를 나타냈다 ($p<0.05$), (Table Ⅲ and Ⅴ, Fig. 7). Tukey HSD test 를 통한 사후 검정 결과 EA군이 EC군보다 유의하게 낮았다 ($p<0.05$). 그리고 조여진 순서별 네 나사의 풀림 토크값의 평균은 처음에 조여진 나사부터 17.0 Ncm, 15.6 Ncm, 16.3 Ncm, 16.1 Ncm 으로, 이원배치 분산분석으로 검정한 결과 통계적으로 유의할 만한 차이가 있었다 ($p<0.05$), (Table Ⅳ and Ⅴ Fig. 7). Tukey HSD test 를 통한 사후 검정 결과 $E1^{st}$가 $E2^{nd}$보다 유의하게 큰 풀림 토크값을 나타내었다 ($p<0.05$).

두 가지 나사조임방법에 대한 풀림 토크값의 평균은 각각 16.4 Ncm, 15.7 Ncm 로, 이원배치 분산분석은 나사조임방법 간에 통계적으로 유의한 차이가 없었다 (Table Ⅳ and Ⅵ, Fig. 8).

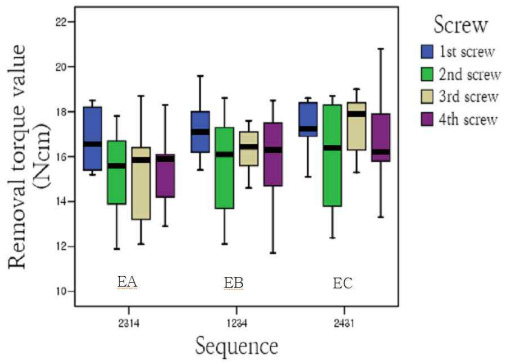

Fig. 7. Two-way ANOVA for screw tightening sequence of external connection

Table Ⅲ. Removal torque values (Ncm) for screw tightening sequence and method of external connection system

		N	Screw1		Screw2		Screw3		Screw4		Total	
			Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD
Sequence	EA(2-3-1-4)	10	15.3	2.19	16.6	1.34	15.3	1.90	15.5	1.62	15.7	1.80
	EB(1-2-3-4)	10	17.2	1.39	15.6	2.22	16.2	1.05	15.9	2.07	16.3	1.79
	EC(2-4-3-1)	10	16.7	2.02	17.3	1.97	17.4	1.40	16.0	2.24	16.9	1.94
Method	EM1(1-step)	10	16.9	1.83	16.4	1.31	16.7	1.31	15.8	2.05	16.4	1.64
	EM2(2-step)	10	15.3	2.19	16.6	1.34	15.3	1.90	15.3	1.62	15.7	1.80

Table Ⅳ. Removal torque values (Ncm) of screws regarding to tightening order of external connection system

Sequence	N	E1st(1st screw)		E2nd(2nd Screw)		E3rd(3rd Screw)		E4th(4th Screw)	
		Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD
EA(2-3-1-4)	10	16.6	1.34	15.3	1.9	15.3	2.19	15.5	1.62
EB(1-2-3-4)	10	17.2	1.39	15.6	2.22	16.2	1.05	15.9	2.07
EC(2-4-3-1)	10	17.3	1.97	16.0	2.24	17.4	1.40	16.7	2.02
Total	30	17.0	1.57	15.6	2.07	16.3	1.78	16.1	1.91

Table Ⅴ. Two-way ANOVA for screw tightening sequence of external connection system

Source	DF	SS	MS	F value	p-value
Sequence	2	26.20	13.09	3.93	0.023
Screw	3	30.87	10.3	3.08	0.030

Table Ⅵ. Two-way ANOVA for screw tightening method of external connection system

Source	DF	SS	MS	F value	p-value
Method	1	10.52	10.52	3.54	0.064
Screw	3	7.45	2.48	0.84	0.479

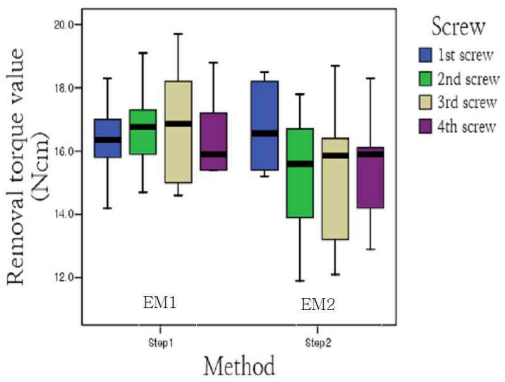

Fig. 8. Two-way ANOVA for screw tightening method of external connection system

2. 내부연결구조에서의 풀림 토크값

Table Ⅶ 은 내부연결구조에서 나사를 동일한 나사조임방법 (2-step) 으로 조였을 때의 각 나사 조임순서와, 같은 나사조임순서 (2-3-1-4)로 조였을 때의 각 나사조임방법에 대한, 네 개 나사의 풀림 토크값의 평균과 표준편차를 보여준다. 그리고 세 가지 나사조임순서에 대해 네 나사의 조여진 순서별 풀림 토크값의 평균과 표준편차는 Table Ⅷ 와 같았다. 세 가지 나사조임순서에 대한 풀림 토크값의 평균은 각각 12.5 Ncm, 14.3 Ncm, 14.4 Ncm 였으며, 이원배치 분산분석으로 검정한 결과 군 간에 유의한 차이를 나타냈다 ($p<0.05$),

Table Ⅶ. Removal torque values (Ncm) for screw tightening sequence and method of internal connection system

		N	Screw1		Screw2		Screw3		Screw4		Total	
			Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD
Sequence	IA(2-3-1-4)	10	13.7	2.40	12.8	2.22	14.8	2.55	12.5	1.79	13.5	2.35
	IB(1-2-3-4)	10	14.7	1.03	13.8	2.09	15.3	1.68	14.3	1.18	14.5	1.60
	IC(2-4-3-1)	10	14.4	1.73	14.3	1.75	15.4	1.68	15.0	1.36	14.8	1.63
Method	IM1(1-step)	10	12.5	1.44	12.8	2.16	14.3	1.47	13.3	1.85	13.2	1.82
	IM2(2-step)	10	13.7	2.40	12.8	2.22	14.8	2.55	12.5	1.79	13.5	2.35

Table Ⅷ. Removal torque values (Ncm) of screws regarding to tightening order of internal connection system

Sequence	N	$I1^{st}$(1st screw)		$I2^{nd}$(2nd Screw)		$I3^{rd}$(3rd Screw)		$I4^{th}$(4th Screw)	
		Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD
IA(2-3-1-4)	10	12.8	2.22	14.8	2.55	13.7	2.40	12.5	1.79
IB(1-2-3-4)	10	14.7	1.03	13.8	2.09	15.3	1.68	14.3	1.18
IC(2-4-3-1)	10	14.3	1.75	15.0	1.36	15.4	1.68	14.4	1.73
Total	30	14.0	1.87	14.5	2.05	14.8	2.03	13.7	1.78

Table Ⅸ. Two-way ANOVA for screw tightening sequence of internal connection system

Source	DF	SS	MS	F value	p-value
Sequence	2	39.52	19.76	5.82	0.004
Screw	3	22.32	7.44	2.19	0.093

(Table Ⅶ and Ⅸ, Fig. 9). Tukey HSD test를 통한 사후 검정 결과 IA군이 IB군 과 IC군 보다 유의하게 낮았다 ($p<0.05$). 그리고 조여진 순서별 네 나사의 풀림 토크값의 평균은 처음에 조여진 나사부터 14.0 Ncm, 14.5 Ncm, 14.8 Ncm, 13.7 Ncm으로, 이원배치 분산분석으로 검정한 결과 통계적으로 유의할 만한 차이는 없었다 ($p<0.05$), (Table Ⅷ and Ⅸ, Fig. 9).

두 가지 나사조임방법에 대한 풀림 토크값의 평균은 각각 13.2 Ncm, 13.5 Ncm 로, 이원배치 분산분석은 나사조임방법 간에 통계적으로 유의한 차이가 없었다 (Table Ⅶ and Ⅹ Fig. 10).

Table Ⅹ. Two-way ANOVA for screw tightening method of internal connection system

Source	DF	SS	MS	F value	p-value
Method	1	0.93	0.93	0.23	0.635
Screw	3	39.12	13.04	3.19	0.029

Table Ⅺ. Removal torque values (N cm) tested with external and internal connection system

		N	Detorque value	
			Mean	SD
Connection type	Exteral type	120	16.27	1.89
	Internal type	120	14.25	1.96

Table Ⅻ. One-way ANOVA tested with external and internal connection system

Source	DF	SS	MS	F Value	p-value
Connection type	1	244.73	244.73	66.01	0.0

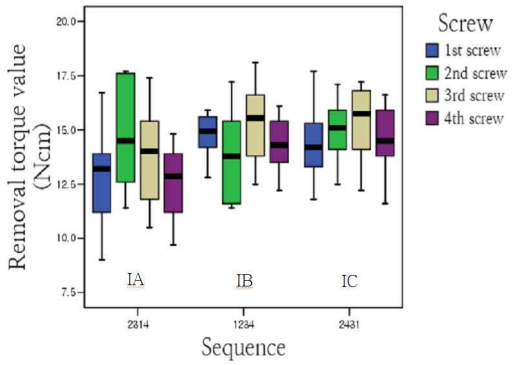

Fig. 9. Two-way ANOVA for screw tightening sequence of internal connection system

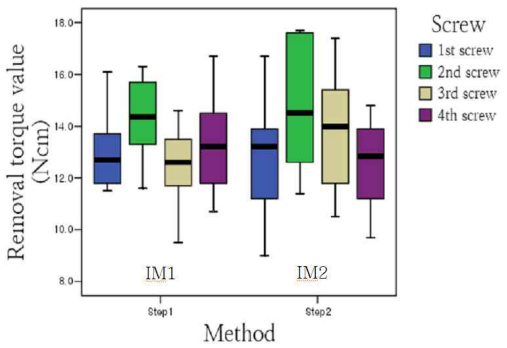

Fig. 10. Two-way ANOVA for screw tightening method of internal connection system

3. 외부연결구조와 내부연결구조

Table Ⅺ 에서 외부연결구조와 내부연결구조에서의 평균과 표준편차를 보여준다. 각각 16.27 Ncm, 14.25 Ncm 였으며, 일원배치 분산분석에서 검정한 결과 통계적으로 유의한 차이가 나타났다 (Table Ⅻ, Fig. 11).

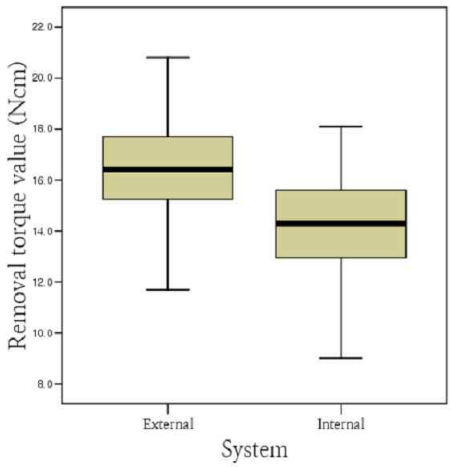

Fig. 11. One-way ANOVA tested with external and internal connection system

고 찰

주조 금속 구조물과 이를 지지하는 임플랜트 지대주 사이의 수동적 적합을 이루는 것은 임플랜트 지지 보철물의 장기간 성공에 본질적인 요소이다. 만약 임플랜트와 상부 구조물 사이의 distortion이 특정한 참고점으로부터의 상대적인 이동이라고 정의된다면, 그 상부 구조물은 원래 의도한 임플랜트 지대주와의 적합에서 벗어나 수동적 적합을 이루는 것에 실패했다고 볼 수 있다.[22] 불량한 적합을 갖는 상부 구조물을 나사로 연결하는 것은 상부 구조물, 임플랜트/지대주 복합체, 그리고 지지조직에 높은 전하중 응력(preload stress) 을 야기하며, 기능력이 가해질 때 시간의 흐름에 따라 임플랜트나 보철 구성요소들의 풀림이나 파절을 야기할 수 있다.[2,19] 인상재의 변형, 치과용 석고의 팽창, 유사체 편차(replica variance), 왁스의 변형, 매몰재의 팽창, 금속의 수축, 아크릴릭 혹은 도재의 수축, 납착의 부정확성, 제조사의 임플란트 구성요소 제작 시의 정밀도 등이 상부 구조물의 정확성에 영향을 준다.[23-27] 특히 이러한 영향들은 단일 임플랜트 지지 보철물보다는 다수의 임플랜트에 의해 지지되는 보철물에서 더 증대되게 된다.

임플랜트 상부 구조물 제작과정에서 납형 형성 후 주조 과정동안 변형의 가능성이 있다. 따라서 주조된 상부 구조물이 자가중합형 아크릴릭 레진 완전 무치악 하악모형과 불량한 적합을 가질 수 있기 때문에 본 연구에서는 하악 모형에 상부 구조물을 유도핀으로 연결하여 픽업인상을 채득한 후, 인상체 내의 상부 구조물에 네 개의 임플랜트 고정체 유사체를 연결하고 초경석고를 부어 상부 구조물과 최대한 정확한 적합을 갖는 주모형을 제작하였다. 그리고 다수의 임플랜트에 의해 지지되는 보철물의 경우, 임상적으로 완전한 적합도를 갖도록 제작하는 것은 불가능하기 때문에 실제 임상에서 얻을 수 있는 수준의 정확한 적합도를 갖는 연구모형을 위해, 주모형에서 아크릴릭 레진을 이용한 연결인상법을 통해 연구모형을 제작하였다. 본 실험은 상부 구조물과의 적합도가 우수한 조건에서, 나사조임순서와 나사조임방법이 나사풀림에 미치는 영향을 평가하였다.

다수 임플랜트 지지 상부 구조물의 경우에 나사를 조이는 순서와 방법에 대한 많은 연구들이 있어 왔다.[18-21] 이전의 연구들에서는 상부 구조물이 비교적 정확한 적합을 갖는 경우에는 나사조임순서에 따라 발생하는 응력이 차이가 없으나, 불량한 적합을 갖는 경우에는 차이를 보인다고 하였다.[19-21] Choi 등[28]은 4개의 내부연결 임플랜트에 직접 연결되는 상부 구조물에서 나사조임순서와 조임방법에 따른 나사의 풀림 토크값을 측정하였는데, 나사조임순서와 조임방법에 따라 하중 전 나사의 풀림 토크값에 차이가 없다고 하였다.

본 연구에서 세 가지 나사조임순서에 따른 나사의 풀림 토크값은 외부연결구조에서 2-3-1-4군이 2-4-3-1군보다 유의하게 낮았다 ($p<0.05$). 그리고 내부연결구조에서도 2-3-1-4군이 2-4-3-1군과 1-2-3-4군보다 유의하게 낮았다 ($p<0.05$). 이것은 나사조임순서는 나사의 풀림 토크값에 영향을

미친다는 것을 의미하며, 외부연결구조, 내부연결구조 모두에서 가운데부터 조인 경우에 풀림 토크값이 가장 낮았다. 그리고 Hobo 등[17]이 추천한 바퀴를 조이는 순서 (cross-wise order)인 2-4-3-1군이 가장 높은 풀림 토크값을 나타내었다. 또한 나사조임순서와 무관하게 몇 번째 조여진 나사인지에 따른 풀림 토크값을 비교해 본 결과, 외부연결구조에서는 처음에 조여진 나사가 두 번째 조여진 나사보다 유의하게 높았으나 ($p<0.05$), 내부연결구조에서는 처음에 조여진 나사에서부터 마지막에 조여진 나사 간에 차이가 없었다. 그리고 두 가지 나사조임방법 간에는 외부연결구조과 내부연결구조 모두에서 통계학적으로 유의한 차이가 없었다.

Schulte 등[29]은 면간의 적합도, 나사의 길이와 폭, 임플란트 구성품 크기, 재료 등이 조임토크값과 전하중의 상관관계에 영향을 주는 요소라 하였다. 본 실험결과에서 나사조임순서에 따라 풀림 토크값에 차이가 있다고 해서 2-4-3-1군이 다른 조임순서보다 효율적인 전하중과의 상관관계를 보인다고 단정 지을 수는 없다. Watanabe 등[20]은 불량한 적합을 가지는 경우임에도 불구하고, 가운데부터 조이면 변형이 분산되어 인장력이 말단의 임플랜트로 집중되어 발생응력이 가장 낮아진다고 하였다.

연결구조에 대한 비교에서 외부연결구조과 내부연결구조의 풀림 토크값은 각각 16.27 Ncm, 14.25 Ncm 였으며, 일원배치 분산분석에서 검정한 결과 통계적으로 유의한 차이가 나타났다. 외부연결구조에서는 조임회전력과 외부하중에 의한 응력이 나사에 집중된다.[30] 따라서 연결부 안정성에 있어서 적정 전하중의 적용이 매우 중요하다. 일반적으로 나사 연결부에 가해지는 인장력이 전하중을 초과하여 압축력이 소실되면 연결부의 이개가 발생하고, 하중이 직접 나사에 전달되어 나사의 소성변형에 의한 풀림이나 피로파절이 유발될 가능성이 높아진다.[14,31] 한편 내부연결구조를 갖는 임플랜트 시스템에서는 조임회전력이 나사의 신장 뿐만 아니라 원추형 지대주의 침하로 인한 쐐기효과로 전환되어 나타난다.[30] 또한 내부연결구조에서는 기능하중이 대부분 경사계면을 통해 전달되며 지대주 나사에 가해지는 부하는 매우 제한적이므로 외부하중에 대한 연결부 안정성에 있어서 외부연결구조에 비해 우수한 것으로 보고되고 있다.[32,33] Yang 등[34] 은 5개 임플랜트 연결구조의 차이에 따른 초기 조임율과 반복 하중 조임율을 비교한 연구에서 내부연결구조의 cone screw군이 초기 안정성 및 최종 안정성에 있어서 가장 높다고 하였다. 본 연구에서 외부연결구조에서 높은 풀림 토크값이 높게 나온 것은 지대주 연결 부위의 육각구조 높이가 내부연결구조에서 지대주 연결 부위의 높이보다 상대적으로 짧기 때문에, 두 연결구조에서 같은 위치, 각도로 임플랜트 고정체 유사체를 고정했음에도 불구하고, 4개의 임플랜트 고정체 유사체와 상부 구조물 간에 더 나은 적합으로 인한 것으로 사료된다. 그리고 경사계면으로 인한 friction fit을 가지는 내부연결구조보다 slip fit을 가지는 외부연결구조에서 수동적 적합 측면에서 더 유리하다고 사료된다. 또한 앞에서 언급했듯이, 외부연결구조에서는 조임회전력이 주로 나사의 신장을 통해 지대주 연결부위에서의 압축력으로 전환되는 반면, 내부연결구조에서는 나사 조임 시 지대주의 수직적 침하가 일어나고, 특히 하중조건에서 지대주의 쐐기효과가 커지고 경사계면에서의 측방 지지 효과를 갖고 있다. 본 연구에서는 나사를 조이는 술식 간의 풀림 토크값을 비교하기 위해서 하중 조건을 부여하지 않았고, 따라서 하중조건에서의 연결구조 간에 나사풀림현상을 비교하지 않았다.

다수 임플랜트에 의해 지지되는 상부 구조물을 나사로 연결할 때, 나사조임순서에 따라 차이가 있었으며, 가운데부터 조인 경우에서 풀림 토크값이 낮았다. 본 연구에서는 나사의 풀림 토크값만을 측정하였기에, 이러한 결과에 대한 요인을 분석하기 어려우며, 좀 더 많은 연구모형에서 적합도에 관한 정보를 측정하여 풀림 토크값에 미치는 요인에 대해 좀 더 상세히 분석할 필요가

있다. 또한 내부연결구조에 비해 외부연결구조에서 높은 풀림 토크값이 나왔는데, 하중 조건에서의 부가적인 연구가 필요할 것으로 사료된다.

결 론

실제 임상에서 얻을 수 있는 수준의 정확한 적합을 갖는 상황을 재현하기 위해, 주모형에서 아크릴릭 레진을 이용한 연결인상법을 통해 제작한 연구모형상에서, 상부 구조물을 나사로 연결할 때, 세 가지 나사조임순서와 두 가지 나사조임방법에 따른 나사의 풀림 토크값을 비교하여 나사조임순서와 나사조임방법이 서로 다른 연결구조에 따라 나사풀림현상에 미치는 영향을 알아보았다. 나사조임순서는 가운데부터 조이는 2-3-1-4 순서, 왼쪽부터 순차적으로 1-2-3-4 순서, 바퀴를 조이는 순서 (cross-wise order)인 2-4-3-1 순서 였으며, 나사조임방법은 2-3-1-4 순서로 15 Ncm의 힘으로 조인 후, 다시 같은 순서로 최종 조임토크값인 30 Ncm까지 조이는 2-step 방법과 같은 순서로 한 번에 최종 조임토크값인 30 Ncm까지 조이는 1-step 이며, 외부연결구조, 내부연결 구조에서 각각 측정, 비교하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 나사조임순서 간 비교 시 외부연결구조, 내부연결구조 모두에서 2-4-3-1 군에서 풀림 토크값이 가장 크고, 2-3-1-4 군에서 풀림 토크값이 가장 적었으며, 통계적으로 유의할 만한 차이를 보였다 ($p<0.05$).
2. 조인 순서별 나사의 풀림 토크값은 외부연결구조에서 첫 번째 나사와 두 번째 나사 간에 통계적으로 유의한 차이가 있으나 ($p<0.05$), 내부연결에서는 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았다.
3. 나사조임방법 간 비교 시 외부연결구조, 내부연결구조 모두에서 1-step과 2-step 간에 통계적으로 유의할 만한 차이를 보이지 않았다.
4. 연결구조 간 비교 시 외부연결구조가 내부연결구조보다 높은 풀림 토크값을 가지며, 통계적으로 유의할 만한 차이를 보였다 ($p<0.05$).

이 연구의 결과로 다수 임플랜트 지지 상부 구조물에서 나사를 조일 때의 순서 및 연결구조가 나사의 풀림현상에 영향을 준다고 판단된다. 하지만 임상적인 적용을 위해 임플랜트의 수, 위치, 상부 구조물의 형태, 하중 조건 등 추가적인 연구가 필요할 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

1. Cho IH. Biomechanical analysis of implant prosthodontic restorations. J Kor Dent Assoc 1993;31:438-43.
2. Binon PP. The effect of implant/abutment hex agonal misfit on screw joint stability. Int J Prosthodont 1996;9:149-60.
3. Binon PP. Implants and components; Entering the new millenium. Int J Oral Maxillofac Implants 2000;15:76-94.
4. Kang YM, Lim JH, Cho IH. A study on the abutment screw loosening of dental implant. J Korean Acad Prosthodont 1996;34(1):1-14.
5. Lee WJ, Lim Jh, Cho IH. Stress of dental implant abutment screw by the tightening torque. J Korean Acad of Prosthodont 1998;36(5):720-37.
6. Lim JB, Yim SH, Cho IH. The effect of screw hole sealing method on abutment screw loosening in dental implant. J Korean Acad of Prosthodont 1997;35(4): 767-77.
7. Cho SM, Lim JH, Cho IH. A study on geometric comparison of four interchangeable implant prosthetic retaining screw and measurement of loosening torque. J Korean Acad of Prosthodont 1998;36(3):468-80.
8. Balshi TJ, Hernandez RE, Pryszlak MC, Rangert B. A comparative study of one implant versus two replacing a single molar. Int J Oral Maxillofac Implants 1996;11:372-8.
9. Jemt T, Laney WR, Harris D, Henry PJ, Krogh PH Jr, Polizzi G, Zarb GA, Herrmann I. Osseointegrated implants for single tooth replacement: a 1-year report

from a multicenter prospective study. Int J Oral Maxillofac Implants 1991;6:29-36.
10. Kemppainen P, Eskola S, Ylipaavalniemi P. A comparative prospective clinical study of two single-tooth implants: A preliminary report of 102 implants. J Prosthet Dent 1997;77:382-7.
11. Mcglumphy E. Keeping implant screws tight. J Prosthet Dent 1994;72:628-31.
12. Jorneus L, Jemt T, Carlsson L. Loads and designs of screw joint for single crowns supported by osseointgrated implant. Int J Oral Maxillofac Implants 1992;7:353-9.
13. Misch CE. Principles for screw-ratained prostheses. in: Misch CE. Contemporary implant dentistry. 2nd ed., Missouri: CV Mosby 1999: 669-85.
14. 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.
15. Burguete RL, Johns RB, King T, Patterson EA. Tightening characteristics for screwed joints in osseointegrated dental implant. J Prosthet Dent 1994;71:592-9.
16. Jaarda MJ, Razzoong ME, Gratton DG. Comparison of “look-alike” implant prosthetic retaining screws. J prosthodont. 1995;4:23-7.
17. Hobo S, Ichida E, Garcia LT. Chapter 9 Fully bone anchored prostheses. In: Osseointegration and Occlusal Rehabilitation. Tokyo: Qiuntessence, 1989: 163-86.
18. 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 checkup. Int J Oral Maxillofac Implants 1991; 6:270-6.
19. Nissan J, Gross M, Shifman A, Assf D. Stress levels for well-fitting implant superstructure as a function of tightening force levels, tighteing sequence, and different operators. J Prosthet Dent 2001;86:20-3.
20. Watanabe F, Uno I, Hata Y, Neuendorff G, Kirsch A. Analysis of stress distribution in a screw-retained implant prosthesis. Int J Oral Maxillofac Implants 2000;15:209-18.
21. Duyck J, Van Oosterwyck H, Vander Sloten J, De Cooman M, Puers R, Naert I. Pre-load on oral implants after screw tightening fixed full prostheses: an in vivo study. J Oral Rehabil 2001;28:226-33.
22. Wee AG, Aquilino SA, Schneider RL. Strategies to achieve fit in implant prosthodontics: a review of the literature. Int J Prosthodont 1999;12: 167-78.
23. Assif D, Renton A, Zarb G, Schmitt A. Comparative accuracy of implant impression procedures. Int J Periodontics Restorative Dent 1992;12:112-21.
24. Carr AB. A comparison of impression techniques for a five-implant mandibular model. Int J Oral Maxillofac Implants 1991;6:448-55.
25. Barrett MG, de Rijk WG, Burgess JO. The accuracy of six impression techniques for osseointegrated implants. J Prosthodont 1993;2: 75-82.
26. Lee HJ, Lim JH, Lee JS. A comparative study on the accuracy of impression body according to the types of impression tray. J Korean Acad Prosthodont 2010;48:48-54.
27. Lim JH, Lee MR, Cho IH. A study on the photoelastic analysis of stresses induced by the connection modalities between natural tooth abutment and dental implant. J Dankook Dent Res Inst 1992;4:141-51.
28. Choi JH, Kim CW, Lim YJ, Kim MJ, Lee SH. The effect of different screw- tightening techniques on the stress generated on an internal-connection Implant Superstructure. Int J Oral Maxillofac Implants 2009;24:1045-53.
29. Schulte JK, Coffey J. Comparison of screw retention of nine abutment systems: a pilot study. Implant Dent 1997;6:28-31.
30. Merz BR, Hunenbart S, Belser UC. Mechanics of the implant-abutment connection : an 8-degree taper compared to a butt joint connection. Int J Oral Maxillofac Implants 2000;15:519-26.
31. Rangert B, Jemt T, Jörneus L. Forces and moments on Branemark implants. Int J Oral Maxillofac Implant 1989;4:241-7.
32. Balfour A, O’ Brien GR. Comparative study of antirotational single tooth abutments. J Prosthet Dent

1995;73:36-43.
33. Norton MR. An in vitro evaluation of the strength of an internal conical interface compared to a butt joint interface in implant design. Clin Oral Impl Res 1997;8: 290-8.
34. Yang JS, Vang MS, Cho GJ,. A vitro study of retained screw stability by various connection designs between fixture and abutment in implant dentistry. J Kor Dent Assoc 2004;42: 83-93.

Removal Torque Values of Retaining Screws Tightened to Implant-Supported Prosthesis with Different Connection Systems by Various Tightening Technique

Dong-Wook Kim, DDS, Yu-Sung Choi, DDS,MSD, In-Ho Cho, DDS,MSD,PhD

Department of Prosthodontics, College of Dentistry, Dankook University

As implant treatment has become popular, lots of different shapes and materials of the implant upper component have been supplied. And there are also diverse reports about failures including loosening of the abutment screw which is one of the most common reason. Purpose : The purpose of this study is to find out how different screw tightening orders and methods influence on screw loosening according to the different connection systems. The upper component was fabricated by casting method. After fabricating master models that are precisely attached to the upper component, 5 experimental models each for the external connection system and internal connection system were fabricated using splinting impression technique. First, to find out the influence of the screw tightening order, screws were tightened in 3 orders; 1-2-3-4, 2-3-1-4, 2-4-3-1. After tightening, removal torque values (RTV) of each group was measured. And also to find out the influence of screw tightening method, a model with 2-3-1-4 screw tightening order was tightened with 30 Ncm at one time(1-step method) and the RTV was compared with the same order group (2-3-1-4) in the 2 step method. In the external connection system, RTV appeared significantly lower in group 2-3-1-4 than group 2-4-3-1 ($p<0.05$). And also in the internal connection system, the RTV of group 2-3-1-4 appeared significantly lower than that of group 2-4-3-1 and 1-2-3-4 ($p<0.05$). When comparing the tightening number of the screw without considering the screw tightening order, the first tightened screw appeared significantly higher RTV than the second one in the external connection system ($p<0.05$), however there was no significant difference from the first tightened screw to the last tightened screw in the internal connection system. And there was no statistically significant difference between the two screw tightening methods in both internal and external connection system. In the comparison of external and internal connection system, each RTV appeared 16.27 Ncm and 14.25 Ncm and appeared as a statistically significant difference ($p<0.05$). There was a significant difference in RTV measured according to the screw tightening order. The lowest RTV appeared in the groups started tightening from the middle. There was also a significant difference in RTV between the two connection system groups. A further study is needed to find out the influence factors in RTV and also a study is required related to the load condition.

Key words: Implant connection system, Removal torque values, Screw tightening method, Screw tightening sequence

Correspondence to : In-Ho Cho
Department of Prosthodontics, College of Dentistry, Dankook University
San 7-1, Shinboo-Dong, Cheonan, Choongnam, 330-716, Korea
TEL: +82-41-550-1974, E-mail: cho8511@dankook.ac.kr
Received: September 03, 2011, Last Revision: September 20, 2011, Accepted: December 25, 2011