풀림토크를 이용한 임플란트 토크조절기의 비교

강릉원주대학교 치과대학
치과보철학교실 및 구강과학연구소
허윤혁 · 조리라 · 김대곤 · 박찬진

현재 임상적으로 여러 형태의 토크 조절기가 사용되고 있고, 토크 조절기에 따라 오차율이 다양하게 보고되고 있는데 제조회사에서 권장하는 적절한 조임력으로 나사가 조여지지 않을 경우 나사 풀림과 이에 따른 파절이 발생하여 결과적으로 보철물과 임플란트 매식체에 합병증이 야기될 수 있으므로 토크 조절기의 정확성이 필수적이다. 본 연구에서는 일정 토크 수준이 넘으면 핸들의 앞부위가 꺾여지도록 만들어진 토크 최대값 제한 장치(TLD, torque limiting device), 눈금자가 표시되어 있는 활 형태로 조임력의 크기를 조절할 수 있는 토크 표시 장치(TID, torque indicating device), 콘트라앵글 핸드피스 형태에 조임력의 크기를 조절하거나 이미 정해진 조절기를 끼워서 사용하는 콘트라앵글 토크 조절장치(CA, contraangle torque device), 기계적인 토크 발생장치를 이용하여 적정 회전력을 가하는 전자 토크 조절기(ETC, electronic torque controller)등 네 종류의 토크 조절기를 이용하여 제조회사의 지시대로 나사를 조인 후 풀림 토크값을 측정하고 각각의 차이값을 구하여 토크 조절기의 정확도를 비교, 분석하고자 하였다. 콘트라앵글 토크 조절장치(CA)가 가장 측정값에 근접한 결과를 보였으며 토크 최대값 제한 장치(TLD)를 제외한 나머지 세 종류의 토크 조절기의 정확도는 서로 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않지만, 토크 최대값 제한 장치(TLD) 의 경우 유의하게 낮은 정밀성을 보였으므로 이는 토크 부여 시 회전 속도에 따른 오차발생 가능성을 보여준다. 토크 표시 장치(TID), 콘트라앵글 토크 조절장치 (CA) 와 같은 수동 토크 조절기는는 전자식 토크 조절기와 오차 범위 내에서의 유사한 정밀성을 보여주고 있으며 이는 임상에서 보다 주의 깊게 장치를 사용한다면 효과적인 전하중 부여가 가능함을 의미한다.

주요어 : 풀림토크, 임플란트, 토크조절기
(**구강회복응용과학지** 2010:26(4):418~431)

교신저자 : **박찬진**
강원도 강릉시 강릉대학로120, 강릉원주대학교 치과대학, 210-702
Tel : +82-33-640-3153
Fax : +82-33-640-3113
E-mail : doctorcj@gwnu.ac.kr
원고접수일 : 2010년 10월 25일
원고수정일 : 2010년 11월 27일
원고채택일 : 2010년 12월 25일

서 론

치과용 임플란트 시스템은 식립체, 지대주, 보철물 등으로 구성되어 있으며, 이들 구성요소 간 연결은 나사를 통해 이루어진다. 임플란트 나사풀림은 전통적으로 임플란트 보철물의 문제점으로 보고되어 왔으며[1-4], 이러한 나사 풀림의 원인으로 부적절한 토크값[5,6] 정착효과(settling effect or embedment relaxation)[7,8] 금속피로[9]가 있지만 가장 근본적인 원인

은 전하중 (preload)의 상실이다[10]. 전하중이란 나사를 조일 때 발생하는 나사 내부의 인장력을 말하여 나사를 조일 때 최초에 가해진 조임력의 90%는 마찰력을 극복하는데 사용되고 10% 만이 전하중으로 발생된다[10]. 이러한 전하중의 상실은 임플란트의 나사가 풀리는 경우 비정상적인 간격이 발생하게 되어 생물학적으로 미생물의 번식에 따른 염증유발의 원인이 되며, 기계적으로 보철물 및 나사 그리고 식립체의 파절을 야기시켜 궁극적으로 임플란트의 실패로 이어질 수 있다[11]. 1981년 Bickford[12]는 나사 풀림을 단기간 풀림과 장기간 풀림의 두 가지 형태로 분류하였는데, 단기간 풀림은 나사를 조인 뒤 발생되는 초기 현상으로 항복강도 이상의 하중을 받게 되는 지점에서 소성변형이 발생하여 접촉부위가 평평하게 되는 표면 정착효과(surface settling effect)와 소성변형으로 인한 나사 길이의 증가 등에 의해 주로 발생하게 되고, 장기간 풀림은 오랜 시간에 걸쳐 일어나는 현상으로 응력이 가해진 나사의 각 계면들 사이에서의 마찰력에 의해 이루어진 조임 현상이 진동에너지를 흡수하여 임계점에 이르면 급격히 풀리는 'vibration loosening' 과 시간 및 하중에 의해 발생하는 'creep' 과 유사한 개념의 응력 방출이 있지만 후자의 영향은 미미하다고 하였다. 모든 종류의 치과 보철물에서 나사 풀림이 보고되었지만[1,4,14,15] 특히 강한 저작력을 지속적으로 받고 힘의 분산이 불리한 구치부 단일 임플란트에서 흔히 발생한다[16].

나사 조임력이 적정 조임력보다 낮으면 나사 풀림이 일어날 수 있고, 적정 조임력보다 높으면 나사 파절이 유발될 수 있다. 나사를 손으로 조이는 경우에는 불충분한 회전력을 가하게 되어 전하중이 적정 수준 이하가 되므로 적절한 조임 토크로 조여진 경우에 비해 나사 풀림이 더 쉽게 유발될 수 있다.

임플란트 나사를 체결하기 위한 방법으로 수동식, 기계식, 전자식 토크 드라이버가 사용될 수 있는데 수동식 드라이버의 경우 사용은 편리하지만 높은 촉각 감수성(tactile sensitivity)으로 인하여 주로 초기 조임 과정에 이용된다. 경험이 많은 임상가의 경우 적절한 토크값을 낼 수 있으나 균일성에 문제에 의한 오차유발 가능성이 있다[17]. 임상의간의 오차 유발을 조사한 연구에 의하면 구강외과의사들의 경우 적정 토크값의 23-48% 범위의 낮은 값을 보이며 보철과의사의 경우 목표값의 15% 범위 내 오차를 보였다[19]. 즉 수동식 드라이버는 발휘할 수 있는 토크의 크기와 균일함의 한계성이 있으므로[17,18] 최종 나사 조임에 권장되지 않는다[19].

기계식 토크 조절 장치가 토크를 효과적으로 그리고 균일하게 부여할 수 있는 해결책이다[17,18]. Jaarda 등[17]도 나사 풀림의 가장 근본적인 원인이 부적절하게 적용된 토크와 전하중의 상실이라고 하면서, 임상에서 단지 손으로만 지대주 나사를 잠그면 15%에서 48%까지 오차가 발생하므로 제조사에서 권장하는 적절한 토크를 적용하기 위해서는 기계적인 토크 조절기를 사용할 것을 권유하였다.

일반적으로 전하중은 나사 항복강도의 약 75-80% 정도가 적절한 것으로 알려져 있으며 각 제조회사는 나사의 소성변형과 피로파절 등을 고려하여 적절 조임력 값을 제시하고 있으며 여러 종류의 토크 조절기를 개발하였다. 일정 토크 수준이 넘으면 핸들의 앞 부위가 꺾여지도록 만들어진 토크 최대값 제한 장치(torque limiting device), 눈금자가 표시되어 있는 활 형태로 조임력의 크기를 조절할 수 있는 토크 표시 장치(torque indicating device), 콘트라앵글 핸드피스 형태에 조임력의 크기를 조절하거나 이미 정해진 조절기를 끼워서 사용하는 콘트라앵글 토크 조절 장치(contraangle torque device), 기계적인 토크 발





Fig. 1. Implant fixture. Fig. 2. Implant abutment. Fig. 3. Abutment screw.

생장치를 이용하여 적정 회전력을 가하는 전자 토크 조절기(electronic torque controller)와 등 다양한 방식의 토크 조절기가 사용되고 있다.

내부연결방식과 외부연결방식의 임플란트의 나사풀림 현상에 있어 내부 연결 방식과 외부 연결 방식에 따른 차이는 나사풀림 현상은 매우 드물지만 두 연결방식에 따른 풀림 토크값의 차이는 유의하게 존재한다고 하였다[20,21]. 본 연구에서는 내부 연결방식의 임플란트를 이용한 2008년 김의 연구[22]와 달리 지대주와 식립체간의 마찰력과 같은 풀림 토크값에 영향을 미칠 수있는 요인을 배재한 외부 연결방식의 임플란트의 지대주 나사에 네 종류의 토크조절기를 사용하여 제조사의 지시대로 나사를 조인 후 풀림 토크값을 측정을 통해 각각의 차이를 평가하여 토크 조절기의 정확도를 비교, 분석하고자 하였다.

연구재료 및 방법

1. 연구 재료

1) 임플란트 고정체(Implant fixture)

임플란트 고정체는 M (Shinhung, Seoul, Korea) 임플란트 직경 4.0㎜, 길이 12.0㎜의 고정체 80개를 이용하였다.

2) 임플란트 지대주(Implant abutment)

직경 5.5㎜, 치은 높이 3.0㎜ 인 Shinhung Implant M(Shinhung MST, Wonju, Korea) 임플란트 시멘트 유지형 지대주(cement-retained abutment) 80개를 사용하였다.

3) 토크 조절기

임플란트 고정체와 지대주를 나사에 의해 연결할 때 제조회사에서 지시한 토크를 가할 수 있는 세 종류의 수동 토크 조절기와 한 종류의 전자식 토크 조절기를 이용하였다.

① 토크 최대값 제한 장치(Torque Limiting Device, TLD, Shinhung M, Seoul, Korea)

② 토크 표시 장치(Torque Indicating Device, TID, Nobel Biocare AB, Göteborg, Sweden)

③ 콘트라앵글 토크 장치(Contraangle Torque Device, CA, Torq Control Ref. 15000, Anthogyr, Sallanches, France)

④ 전자 토크 조절기(Electronic Torque Controller, ETC, Brånemark system DEA020 Torque



Torque Limiting Device, TLD



Torque Indicating Device, TID



Contraangle Torque Device, CA



Electronic Torque Controller, ETC

Fig. 4. Torque generating devices.

Controller, Nobel Biocare AB, Göteborg, Sweden)

2. 연구 방법

1) 시편의 제작

① 임플란트 고정

동일한 형태의 레진블록 제작을 위해 실리콘 인상재(Exafine putty type, GC Corporation., Tokyo, Japan)를 이용하여 주형을 제작하였다. 임플란트는 치과용 서베이어를 이용하여 지면에 수직이 되도록 폴리메틸메타아크릴레이트 자가중합형레진(Ortho-jet. Lang Dental Manufacturing Co., Inc. Wheeling, USA)을 이용하여 임플란트 고정체의 나사산이 잠기도록 고정하였다.

레진블록은 20㎜×20㎜×20㎜의 정육면체가 되도록 다이아몬드 날을 가진 절단기 및 연마기(Exakt Cutting & Grinding System Apparatebbau, Norderstedt, Germany)와 600, 800, 1000번 사포를 이용하여 절삭과 연마 후 초음파 세척기에 넣어 1분간 적용하고 세척하였다.



Fig. 5. Resin block specimen.

② 레진블록의 고정

각 고정체에 지대주를 반복적으로 장착 및 탈착하기 위해 시편을 맞춤 고정장치를 이용하여 지면과 평행하게 장착시켰다.



Fig. 6. Specimen-holding apparatus.



Fig. 7. Digital torque gauge.



Fig. 8. Custom made torque gauge.

2) 임플란트와 지대주의 연결

각각의 지대주를 임플란트 고정체에 체결하였다. 한 종류의 전자식 토크 조절기와 세 종류의 수동 토크 조절기를 이용하여 임플란트에 각각의 지대주를 20Ncm의 힘으로 고정하였다.

3) 지대주 나사의 조임과 풀림의 반복 및 각각의 풀림 토크값 측정

4종류의 토크 조절기를 이용하여 조여진 지대주를 맞춤 고정장치와 토크 측정기(MGT12, Mark-10 Inc., New York, USA)를 이용하여 풀림 토크값을 측정하였다. 지대주 나사를 조이고 난 후 풀기까지 10초의 시간 간격을 두고, 각각의 시편마다 지대주 나사의 조임과 풀림을 총 20회씩 반복하며 풀림 토크값을 측정하였다. 각각의 토크 조절기마다 임플란트 시편을 20개씩 준비하여 지대주 나사의 조임 및 풀림 과정을 반복하였다.

3. 통계 분석

각각의 토크 조절기에 따른 풀림 토크값을

Table I. Mean(±SD) detorque values

unit:Ncm

	TLD	TID	CA	ETC
Sample 1	14.0±1.4	16.0±0.8	17.2±1.3	16.7±1.0
Sample 2	15.2±0.6	16.8±1.0	17.0±1.2	13.9±0.5
Sample 3	15.9±1.0	17.5±0.8	17.4±1.2	16.3±1.3
Sample 4	13.1±1.0	15.9±1.0	18.2±1.4	17.8±1.7
Sample 5	15.5±0.9	16.4±0.8	16.8±1.4	17.2±1.3
Sample 6	15.7±0.7	15.9±0.8	18.2±1.2	17.0±1.2
Sample 7	15.7±1.1	16.6±1.1	18.2±1.3	17.7±1.3
Sample 8	16.1±1.2	17.2±0.8	17.0±1.4	17.1±0.9
Sample 9	15.3±1.6	17.3±0.8	18.0±1.2	16.8±1.1
Sample 10	15.0±1.4	17.5±0.9	17.2±0.9	16.9±1.2
Sample 11	16.4±0.8	17.2±0.7	18.0±0.6	16.9±1.2
Sample 12	17.2±0.6	17.1±1.4	17.3±1.0	17.3±1.0
Sample 13	17.3±0.9	17.3±1.0	18.4±0.9	18.5±1.2
Sample 14	16.5±1.0	17.3±0.8	18.2±0.8	17.7±0.9
Sample 15	16.1±1.1	17.6±0.8	18.0±0.8	18.3±0.7
Sample 16	14.8±1.5	17.9±0.8	18.1±0.7	17.9±1.6
Sample 17	15.5±1.3	18.3±0.9	17.3±0.9	18.2±0.9
Sample 18	16.4±1.4	17.8±1.2	17.4±0.9	17.6±1.0
Sample 19	15.2±1.1	18.3±1.2	17.6±0.7	16.1±0.9
Sample 20	15.7±1.1	17.3±1.1	18.3±0.9	18.0±0.9

TLD: M, TID: Nobel Biocare, CA: Anthogyr, ETC: Brånemark

비교하기 위해서 SPSS statistical Software for Windows (release 17.0, SPSS Inc., Chicago, U.S.A.)를 사용하여 통계처리하였다. 각 토크 조절기별, 측정 횟수별, 시편 간 유의성 및 각 그룹 내에서의 측정 횟수별 유의성을 검정하기 위하여 반복측정이 있는 분산분석(Repeated Measured ANOVA)을 이용하여 95% 유의수준에서 검증하였다. 실험 군 간의 차이는 Tukey test를 이용하여 사후분석 하였다.

연구결과

각 제조회사별 풀림 토크 평균값을 기준 조임값(20Ncm)과 비교하여 보면 토크 최대값 제한

Table II. Mean, maximum and minimun detorque values unit:Ncm

	TLD	TID	CA	ETC
Mean (Error rate)	15.6(22%)	17.2(14%)	17.7(12%)	17.2(14%)
Max (Error rate)	17.3(14%)	18.3(9%)	18.4(8%)	18.5(8%)
Min (Error rate)	13.1(35%)	15.9(21%)	16.8(16%)	13.9(31%)

TLD: M, TID: Nobel Biocare, CA: Anthogyr, ETC: Brånemark

Table III. Tests of Within-Subjects Effects

Source		Type III sum of squares	df	Mean Square	F	Sig.
Number of measurements	Sphericity Assumed	594.012	29	20.483	2.066	0.001
	Greenhouse-Geisser	594.012	1.251	474.711	2.066	0.150
	Huynh-Feldt	594.012	1.312	452.593	2.066	0.148
	Lower-bound	594.012	1.000	594.012	2.066	0.155
Number of measurements * Torque controllers	Sphericity Assumed	977.443	87	11.235	1.133	0.192
	Greenhouse-Geisser	977.443	3.754	260.378	1.133	0.345
	Huynh-Feldt	977.443	3.937	248.246	1.133	0.345
	Lower-bound	977.443	3.000	325.814	1.133	0.341
Error (Number of measurements)	Sphericity Assumed	21,856.012	2,204	9.917		
	Greenhouse-Geisser	21,856.012	95.100	229.822		
	Huynh-Feldt	21,856.012	99.747	219.114		
	Lower-bound	21,856.012	76.000	287.579		

Table IV. Tests of Between-Subjects Effects

Source	Type III sum of squares	df	Mean Square	F	Sig.
Sample	673,289.701	1	673,289.701	28,464.709	0.000
Torque controllers	1,689.607	3	563.202	23.811	0.000
Error	1,797.665	76	23.653		

장치가 22%, 토크 표시 장치가 14%, 콘트라앵글 토크 조절장치가 12%, 전자식 토크 조절기가 14%의 오차율을 보였고 평균값만으로 비교하여 볼 때, 토크 최대값 제한 장치가 가장 높은 오차율을 보였고 토크 표시 장치와 전자 토크 조절기가 비슷한 오차율을 보였으며 콘트라앵글 토

Table V. Post Hoc Multiple Comparisons

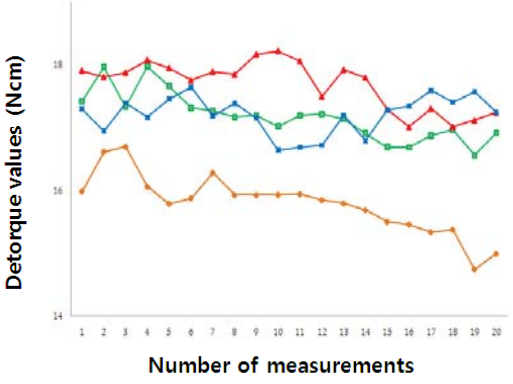
	Torque controllers	N	Groups 1	Groups 2
Tukey HSD(a,b,c)	TLD	20	15.366	
	TID	20		16.960
	CA	20		17.044
	ETC	20		17.627
	Sig.		1.000	0.091

TLD: M, TID: Nobel Biocare, CA: Anthogyr, ETC: Brånemark

크 조절기가 가장 낮은 오차율을 보였지만, 토크 최대값 제한 장치를 제외한 나머지 세 종류의 토크 조절기들의 오차율은 서로 유사하였다. 이러한 경향은 측정 최대값에서도 확인할 수 있으며 토크 최대값 제한 장치는 14%, 토크 표시 장치가 9%, 콘트라앵글 토크 조절장치가 8%, 전자 토크 조절기가 8%의 오차율을 보였다. 측정 최소값은 토크 최대값 제한 장치는 35%, 토크 표시 장치가 21%, 콘트라앵글 토크 조절장치가 16%, 전자 토크 조절기가 31%의 오차율을 보였다(Table I, II).

반복측정이 있는 분산분석의 개체-내 효과 검정 결과 반복 횟수에 따라 측정값에 차이가 있었지만, 반복 횟수와 토크 조절기에 따라 측정값에 차이가 있는 것으로 나타났으며, 개체-간 효과 검정 결과 토크 조절기에 따라 측정값에 차이가 있는 것으로 보였다(Table III, IV).

Tukey test로 비교한 관측 평균의 사후분석 다중비교 결과를 보면 토크 표시 장치, 콘트라앵글 토크 조절장치, 전자 토크 조절기 간에는 통계적으로 유의한 정확도의 차이가 관찰되지 않았으나 토크 최대값 제한 장치의 경우 다른 세 종류의 토크 조절기와 통계적으로 유의한 정확도의 차이가 있는 것으로 나타났다(Table V).



TLD: M, TID: Nobel Biocare, CA: Anthogyr, ETC: Brånemark

Fig. 9. Changes of detorque values.

반복횟수마다 시편의 평균값을 구하여 토크 조절기에 따른 측정값의 변화를 그래프로 나타내보면 전체적으로 측정 횟수와 풀림 토크값의 반비례 양상이 관찰되었으며 토크 표시 장치와 콘트라앵글 토크 조절 장치, 토크 최대값 제한 장치에 비해 전자 토크 조절기는 감소경향이 상대적으로 적은 일정 범위 내(16.5-17.5Ncm)에서 풀림 토크값의 유지가 관찰되었다. 반면 토크 최대값 제한 장치와 토크 표시 장치는 토크값의 감소가 보다 뚜렷하고 지속적으로 이루어졌다(Fig. 9).

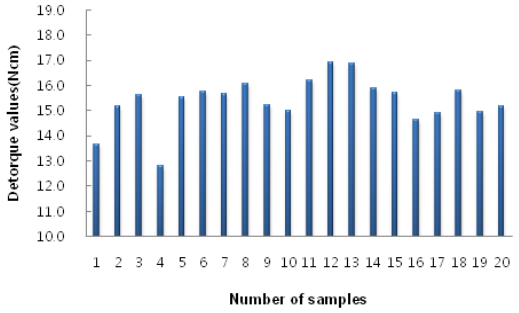


Fig. 10. Torque Limiting Device, TLD(M) samples detorque values.

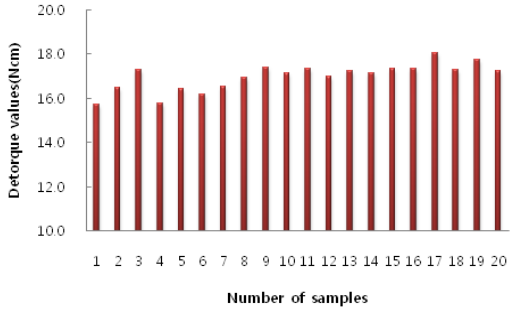


Fig. 11. Torque Indicating Device, TID(NobelBiocare) samples detorque values.

총괄 및 고안

토크 조절기는 구강 내에서 반복 사용되어도 평균적으로 적정 토크값을 유지하며 오차율이 낮아야 한다. 이번 실험 결과 이러한 조건에 가장 부합하는 것은 콘트라앵글 토크 조절 장치지만 토크 최대값 제한장치를 제외한 나머지 세 종류 토크 조절기 간의 유의한 차이는 존재하지 않았다. 즉 토크 최대값 제한 장치는 기준값에 근접한 풀림 토크값의 유지와 오차율 두 가지 요구조건에서 나머지 세 종류 토크 조절기에 비해 유의하게 부족한 결과를 보였다. 토크 표시 장치와 토크 최대값 제한 장치 토크조절기의 정확성을 비교한 다른 논문에서도 이와 유사한 보고를 하고 있다[23]. 즉 각각 시판중인 세 종류의 'spring type' 토크 표시 장치와 'friction type' 토크 최대값 제한 장치의 목표 토크값을 비교한 결과 토크 표시 장치는 목표 토크값 보다 약간 낮거나 높은 값을 보였지만, 토크 최대값 제한 장치는 모든 값에서 목표 토크값보다 낮은 값을 보였다[24]. 즉 토크 표시 장치가 토크 최대값 제한 장치보다 유의하게 높은 목표 토크값 도달을 보였다.

토크 조절기 사용 시 조이는 속도에 따른 조임력의 차이도 존재하는데, 1994년 Standlee 등[25]은 나사를 천천히 조인 경우(5.2Ncm/sec)가 빠르게 조인 경우(16.4Ncm/sec)에 비해 더 큰 조임력을 가지고 있음을 보여주었으며, 2010년 McCracken 등[31]도 토크 최대값 제한 장치를 대상으로 속도를 다르게 하여 실험한 결과 천천히 조인 경우 더 큰 조임력이 발생한다고 보고하였다. 이는 일반적으로 빠른 속도로 나사를 조이게 되면 조이는 과정 중에서 나사 계면 상에서 표면 침하효과가 발생할 시간적 여유가 없게 되어 조인 후에 풀림이 더 쉽게 발생할 수 있기 때문으로 여겨진다.

콘트라앵글 토크 조절 장치는 손잡이 부분을 회전할 때 지대주에 연결되는 부위의 속도를 조절할 수 있는 장점을 가지고 있지만, 2008년 김[22]이 언급했듯이 유격 발생에 따른 오차 가능성이 있으며 본 실험에서 이를 인지하고 주의깊게 실험한 결과 만족할 만한 결과를 보였다.

전자 토크 조절기는 토크 최대값 제한장치보다 일정한 풀림 토크값과 낮은 오차율을 보였지만 다른 기계식 토크 조절기인 토크 표시 장치, 콘트라앵글 토크 조절장치와는 유의한 차이를 보이지 않았다. 이러한 전자 토크조절기는 일반적으로 'latch-type dental handpiece' 형태이며 원하는 토크값을 설정하여 사용 할 수 있다. 한 개의 연구에서 비록 새 제품과 수년간 사용된 경

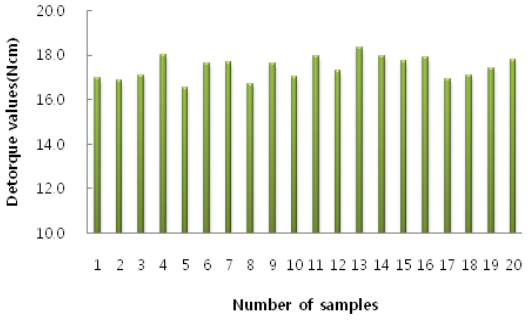


Fig. 12. Contraangle Torque Device, CA(Anthogyr) samples detorque values.

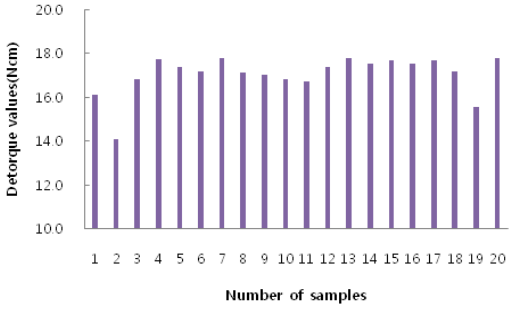


Fig. 13. Electronic Torque Controller, ETC(Brånemark) samples detorque values.

우 유의한 차이가 없다고 보고하였지만[26] 나머지 연구들에서 토크 정확성의 편차를 보고하고 있다[24,27]. Standlee 등[27]은 Nobel Biocare 의 전동식 토크컨트롤러가 목표치에 비해 1%에서 165%의 차이가 있다고 보고하였고, Mitrani 등[24]과 Gollen 등[28]도 Nobel Biocare 의 토크 조절기를 사용한 실험에서 목표한 토크에 비해 65%에서 80%정도만을 내는 것으로 보고하였다. 즉 전자 토크 조절기는 토크값의 예지성이 떨어지며 핸드드라이버와 유사한 큰 오차를 보인다고 언급하고 있다[24]. 2008년 김[22]은 전자 토크 조절기의 상대적으로 넓은 하중 적용 범위를 낮은 예지성의 또 다른 원인으로 언급하고 있으며, 본 실험결과에서도 전자 토크 조절기는 토크 표시장치, 콘트라앵글 토크 조절기와 유사한 풀림 토크값을 보였지만, 측정 최소값에서 최대 토크값 제한장치와 유사한 31%의 높은 오차율을 보였다(Table II.).

Theoharidou 등[20]은 외부연결방식과 내부연결방식의 임플란트간의 나사풀림 현상은 매우 드물다고 언급하였지만 두 연결방식간의 풀림 토크값의 차이는 유의하게 존재한다고 언급하였으며, Lang 등[21]은 내부연결방식일수록, 마찰계수가 감소할수록 더 높은 전하중을 발생시킨다고 주장하였다. 본 연구에서 반복 횟수마다 시편의 풀림 토크 평균값을 구하여 토크 조절기에 따른 측정값의 변화를 그래프로 나타내보면 내부 연결 방식을 대상으로 실험한 2008년 김[22]의 결과와 달리 최초 측정 시부터 기준값보다 낮은 풀림 토크값을 보임을 알 수 있다. 이는 내부 연결 방식의 구조상 원뿔형태의 내면 접촉이 추가로 이루어진 반면 외부 연결방식의 경우 나사만으로 유지되었기 때문이며, 나사 풀림만을 고려한다면 내부 연결 방식이 외부 연결 방식보다 유리하고 두 연결 방식간의 풀림 토크값의 차이가 존재함을 유추해 볼 수 있다.

토크조절기의 사용 횟수에 따른 풀림 토크값의 영향을 고려하여 이번 연구에서는 가능한 사용 횟수가 적은 토크조절기를 사용하고자 하였는데, Mitrani 등[26]은 미사용 상태의 전자식 토크조절기와 5년 이상 사용한 전자식 토크조절기의 정확성을 비교한 연구결과 임상적으로 5년 간 사용에는 유의한 차이가 없다고 하였지만, Gutierrez 등[29]은 DynaTorq ITL 토크 조절기, Steri-Oss 토크 조절기, Lifecore 토크 조절기, Dentsply 토크 조절기 등 총 4종류, 35개의 토크 조절기를 1개월에서 42개월 간 사용한 것을 비교한 결과 평균 17%에서 58.6% 범위 내에서 오차가 생기는 것을 관찰하였고, 토크 조절기 간에 그리고 사용기간과 소독 횟수에 따라서는 유

의한 상관관계가 관찰되지 않았으나 소독과정에 따른 토크 조절기 내의 스프링의 부식이나, 스프링의 노화나 마모가 발생할 경우에는 최대 455.0%의 오차가 생길 수 있는 것으로 보고하였다. 또한 Çehreli 등[30]은 15개의 ITI 토크 조절기를 한 번도 사용하지 않은 것, 50회에서 200회 사용한 것, 500회에서 1000회 사용한 것에 따른 정확도를 측정한 결과, 사용 횟수가 증가하더라도 정확도는 거의 일정하게 유지되었으나 사용 횟수가 증가할수록 전반적으로 측정값이 낮아지는 경향을 보이는 것을 관찰하였다.

임플란트 보철물의 나사 풀림의 가장 큰 원인은 전하중의 상실이며 이를 예방하기 위한 방법은 목표한 토크와 실제로 전달되는 토크가 가장 비슷한 토크컨트롤러의 사용이다. 본 실험 결과 토크 최대값 제한 장치를 제외한 토크 표시 장치, 콘트라앵글 토크 조절 장치, 전자 토크 조절기간의 토크 조절기의 정확성의 유의한 차이는 없었으나 콘트라앵글 토크 조절장치와 전자 토크 조절기는 구강 내에서 정확한 장축방향으로 위치시키기 어려운 문제점을 지니고 있지만[11], 토크 최대값 제한 장치와 토크 표시 장치의 경우 'latch type' 으로 핸드피스등을 통하지 않고 직접 토크를 전달하여 안정적이며 구강 내 접근이 용이하고 구조가 단순하므로 임상적으로 보다 유용할 것으로 여겨진다.

이러한 토크 최대값 제한장치와 토크 표시 장치를 비교해 볼 때 토크 최대값 제한 장치가 낮은 정확도를 보이는 원인으로 실험자에 따른 일정하지 못한 손가락의 위치 및 회전속도 등을 생각해 볼 수 있다. 즉 토크 조절기의 구조상 그 위치가 균일한 토크 표시 장치에 비해 토크 최대값 제한 장치는 손가락의 위치에 따라 힘의 중심점에서 작용점까지의 거리가 변할 수 있어 그에 따른 굽힘 모멘트가 다르게 나타날 수 있다.

본 실험에서는 토크 조절기들 간 정확한 토크 부여 정도를 평가하기 위한 방편으로 풀림 토크값을 이용하였으며, 구강 내 상태가 아닌 실험실 실험이라는 한계점을 지니고 있으나 외부연결 방식에 따른 나사 자체의 풀림 토크값 만을 고려해 볼 때 토크 최대값 제한 장치에 비해 토크 표시 장치가 보다 정확한 토크 부여가 가능하며 임상적으로 유용할 것으로 사료된다. 또한 본 실험에서는 지대주 나사로 코팅처리되지 않은 티타늄 나사를 공통적으로 사용하였지만 티타늄 합금으로 제작된 지대주 나사가 금합금으로 제작된 지대주 나사보다 높은 풀림토크 값을 보이는[11]등 구성 성분에 따라서도 차이가 존재하므로 지대주 나사 종류에 따른 임플란트 토크 조절기의 비교한 추가 연구가 필요할 것으로 여겨진다.

결 론

임상에서 상용중인 네 종류의 토크 조절기가 얼마나 균일하고 정확한 조임력을 발휘하는지 알아보고, 각각의 장치들간의 차이를 비교하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 각각의 토크 조절기에서 측정된 평균값 및 최대값과 최소값을 살펴 본 결과 토크 최대값 제한장치가 가장 낮은 정확도를 보였으며 토크 최대값 제한 장치를 제외한 나머지 세 종류의 토크 조절기의 정확도는 서로 통 계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다.
2. 반복 횟수에 따른 토크 조절기의 측정값을 비교 분석한 결과 콘트라앵글 토크 조절장치가 가장 측정값에 근접한 결과를 보였지만 콘트라앵글 토크 조절장치, 토크 표시 장치, 전자 토크 조절기 간의 유의한 차이는 없었으며 토크 최대값 제한 장치만 유의하게 낮은 결과를 보였다.
3. 토크 최대값 제한 장치와 토크 표시 장치

를 비교한 결과 유사한 양상으로 풀림 토크 값의 감소가 나타났으며 토크 표시장치에 비해 토크 최대값 제한 장치가 유의하게 낮은 정확도를 보였다.

4. 전자 토크 조절기는 측정 최대값에서는 가장 낮은 오차율을 보였지만, 측정 최소값에서는 가장 높은 오차율을 보였다.

이번 실험 결과 토크 조절기 종류에 따른 풀림 토크값의 차이가 존재함을 확인하였으며, 풀림 횟수 증가에 따른 풀림 토크값의 감소는 피할 수 없는 결과이므로 기공과정에서의 기공용 나사사용을 간과해서는 안 될 것으로 여겨진다. 또한 토크 최대값 제한 장치와 토크 표시장치가 직접 토크를 전달하여 안정적이며 구강 내 접근이 용이하고 구조가 단순하여 실제 임상에서 유용하며 토크 최대값 제한장치가 술자에 따른 굽힘 모멘트의 차이가 발생할 수 있는 반면 토크 표시 장치의 경우 구조상 일정한 손가락의 위치에 따른 보다 정확한 토크 부여가 가능하다. 따라서 제조사와 임상가들에 의해 토크 조절기 사용법의 가이드라인이 만들지면 부족한 전하중에 따른 나사 풀림이나 과도한 토크 부여과 그에 따른 나사파절을 감소 시킬 수 있을 것이다.

연구비 지원 및 사의

본 연구는 2009년 강릉원주대학교치과병원 학술연구조성비의 지원을 받아 수행되었음

참 고 문 헌

1. Jemt T. Failures and complications in 391 consecutively inserted fixed prostheses supported by Brånemark 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.
2. Jemt T, Laney WR, Harris D, Henry PJ, Krogh PH Jr, Polizzi G, et al. Osseointegrated implants for single tooth replacement: a 1-year report from a multicenter prospective study. Int J Oral Maxillofac Implants 1991;6:29-36.
3. Naerti, Quirynen M, van Steenberghe D, Darius P. A six-year prosthodontic study of 509 consecutively inserted implants for the treatment of partial edentulism. J Prosthet Dent 1992;67:236-45.
4. Zarb GA, Schmitt A. The longitudinal clinical effectiveness of osseointegrated dental implants: the Toronto study. Part III: Problems and complications encountered. J Prosthet Dent 1990;64:185-94.
5. Dellinges M, Curtis D. Effects of infection control procedures on the accuracy of a new mechanical torque wrench system for implant restorations. J Prosthet Dent 1996;75:93-8.
6. Jörnéus L, Jemt T, Carlsson L. Loads and designs of screw joints for single crowns supported by osseointegrated implants. Int J Oral Maxillofac Implants 1992;7:353-9.
7. Budynas RG, Nisbett JK. Shigley`s mechanical engineering design. 8th ed. New York: McGraw Hill;2008. p. 425-9.
8. Haack JE, Sakaguchi RL, Sun T, Coffey JP. Elongation and preload stress in dental implant abutment screws. Int J Oral Maxillofac Implants 1995;10:529-36.
9. Patterson EA, John RB. Theoretical analysis of the fatigue life of fixture screws in osseointegrated dental implants. Int J Oral Maxillofac Implants 1992;7:26-33.
10. 장종석 등. 코팅된 지대주 나사의 반복 착탈 후 풀림력과 표면변화에 대한 연구. 대한치과보철학회지 2008;46:500-510.
11. 김진만, 한중석, 이선형, 양재호, 이재봉, 김영수. 수종 임플랜트 지대 주나사의 반복하중 후 나사풀림에 관한 연구. 대한치과보철학회지 2003;Vol. 41, No. 4:519-531.
12. Bickford JH. An introduction to the design and behavior of bolted joints. New York: Marcel Dekker; 1995. p. 515-564. 1991;6:270-276.
13. Jemt T. Linden B, Lekholm U. Failures and complication in 127 consecutively placed fixed partial prostheses supproted by Bånemark implants. Int J Oral Maxillofac Implants 1992;7:513-22.
14. Lekholm U, Steenbrrghe D, Hermann I, Osseointegrated implants in the treatment of partially edentulous jaws: a prospective five-year multicenter study. Int J Oral

Maxillofac Implants 1994;9:627-635.
15. Becker W, Becker B. Replacement of maxillary and mandibular molars with single endosseous implant restoration: a retrospective study. J Prosthet Dent 1995;74:51-55
16. Misch CE. Contemporary Implant Dentistry. Mosby-Year Book. Inc., St. Louiss 1993:669-83.
17. Jaarda MJ, Razzoog ME, Gratton DG. Providing optimum torque to implant prostheses: a pilot study. Implant Dent 1993;2:50-2.
18. Goheen KL, Vermilyea SG, Vossoughi J, Agar JR. Torque generated by handheld screwdrivers and mechanical torquing devices for osseointegrated implants. Int J Oral Maxillofac Implants 1994;9:149~55.
19. Tan KB, Nicholls JI. The effect of 3 torque delivery systems on gold screw preload at the gold cylinder-abutment screw joint. Int J Oral Maxillofac Implants 2002;17:175-83.
20. Theoharidou et al. Abutment Screw Loosening in Single-Implant Restorations: A Systematic Review Theoharidou et al. Int J Oral Maxillofac Implants 2008;23:681-90.
21. Lang LA, Kang B, Wang RF, Lang BR. Finite element analysis to determine implant preload. J Prosthet Dent 2003;90(6):539-46.
22. 김대곤. 수종의 임플란트 토크 조절기의 정확성 비교. 대한치과턱관절기능교합학회지 2008;24(2):157-168.
23. Vallee M, Conrad H, Basu S, Seong W. Accuracy of Friction-Style and Spring-Style Mechanicla Torque Limiting Devices for Dental Implants. J Prosthet Dent 2008;100:86-92.
24. Standlee JP, Caputo AA, Chwu MY, Sun TT. Accuracy of mechanincal torque-limiting devices for implants. Int Oral Maxillofac Implants 2002;17:220-4.
25. Standlee JP, Caputo AA. Accuracy of an electric torque-limiting device for implants. Int J Oral Maxillofac Implants 1999;14:278-81.
26. Mitrani R, Nicholls JI, Philips KM, Ma T. Accuracy of electronic implant torque controllers following time in clinical service. Int J Oral Maxillofac Implants 2001;16:394-9.
27. Standlee JP, Caputo AA. Accuracy of an electric torque-limiting device for implants. Int J Oral Maxillofac Implants 1999;14:278-81.
28. Gollen KL, Vermilyea SG, Vossought J, Agar JR. Torque generated using hand held screwdrivers and torque drivers for osseointegrated implants. Proceedings of the Eight Annual Meeting of the Academy of Osseointegration. San Diego, CA, 1993. p.103-4.
29. Gutierrez K, Nicholls JI, Libman WJ, Buston TJ. Accuracy of the implant torque wrench following time in clinical service. Int J Prosthodont 1997;10(6):562-567.
30. Çehreli M, Akça K, Tönük E. Accuracy of a Manual Torque Application Device for Morse-Taper Implants: A Technical Note. Int J Oral Maxillofac Implants 2004;19:743-748.
31. McCracken MS, Mitchell L, Hegde R, Mavalli MD. Variability of mechanical torque-limiting devices in clinical service at a US dental school. J Prosthodont. 2010;19(1):20-4.

Comparison of Implant Torque Controllers Using Detorque Value

Yoon-Hyuk Huh, Lee-Ra Cho, Dae-Gon Kim, Chan-Jin Park

Department of Prosthodontics and Institute of Oral Science, Gangneung-Wonju National University

Various torque generating devices have been developed and employed to apply a proper torque. These devices are usually calibrated by the manufacturer to apply appropriate torque levels for their specific implants and attachments. The purpose of this investigation was to determine and compare the accuracy of the torque controllers.

In this study, 4 types of torque controllers were used; torque limiting device(TLD), torque indicating device(TID) and contra angle torque driver(CA), electronic torque controller(ETC). Digital torque gauge was employed to measure the de-torque value. Thirty cycles of tightening and loosening were repeated with each torque controller.

All implant torque controllers have shown slight errors and deviations. The contra angle torque driver exhibited the most accurate data.

In the limitation of this study, it would be recommended that the implant torque controllers should be checked whether uniformed and precise torque can be generated and a measuring error should be corrected.

key words : detorque value, implant, torque controller

Correspondence to : Prof. Chan-Jin Park

Department of Prosthodontics, College of Dentistry, Gangneung-Wonju National University, 120 Gangneung Daehangno, Gangneung city, Gangwon-do, South Korea, 210-702

Tel : +82-33-640-3153, Fax : +82-33-640-3113, E-mail : doctorcj@gwnu.ac.kr

Received : October 25, 2010, Last Revision : November 27, 2010, Accepted : December 25, 2010