

1

브릿지 형태의 상부보철물 및 상부보철물의 나사풀림에 따른 타진식 임플란트 안정성 측정기기의 수치비교

권연우¹, 김철훈², 김복주², 강선우¹, 김정한², 성현미¹

¹동아대학교병원 치과보철과, ²동아대학교병원 구강악안면외과

ORCID ID

Yeonwoo kwon,  <https://orcid.org/0000-0003-2590-608X>

Chul hoon Kim,  <https://orcid.org/0000-0002-2719-1922>

Bok-joo Kim,  <https://orcid.org/0000-0002-7482-8738>

Sun-woo Kang,  <https://orcid.org/0000-0002-5798-0025>

Jung-han Kim,  <https://orcid.org/0000-0002-3469-6136>

Hyun Me Sung,  <https://orcid.org/0000-0001-9960-2375>

ABSTRACT

Study of the Differences in a Percussion-type Implant Stability Measuring Instrument according to Bridge prosthesis and screw loosening

Yeonwoo kwon¹, Chul hoon Kim², Bok-joo Kim², Sun-woo Kang¹, Jung-han Kim², Hyun Me Sung¹

¹Department of Prosthodontics, College of Medicine, Dong-A University

²Department of Oral and Maxillofacial Surgery, College of Medicine, Dong-A University

This study aimed to investigate the effect of different conditions on the implant stability test (IST) value of three-unit implant bridges. Fifteen pairs of specimens were prepared. Two internal conical-type implants were placed in artificial bone using a torque of 35 to 45 Ncm. Three-unit monolithic zirconia bridges (Perfit ZR) were fabricated using CAD-CAM. Implant Stability Quotient (ISQ) values were measured for each implant. IST value was measured under different conditions: healing abutment, without cementation, with cementation, one prosthesis unscrewed, and two prostheses unscrewed. The results showed statistically significant differences according to the conditions ($p < 0.05$). The lowest IST level was observed in the groups tested on healing abutment and the prosthesis without cementation. The highest IST level was observed in the groups with cemented prostheses. There was no significant difference according to screw loosening. IST values for all groups measured above 79, indicating high stability with consistent tendency. The present study implied that IST values could be used as a reference restrictedly for assessing implant stability and conditions on bridge-type prostheses.

Key words : Implant stability, AnyCheck, Implant stability test (IST)

Corresponding Author

Sun-Woo Kang, DDS

Department of Prosthodontics, Medical Center, Dong-a University, 26 Daesingongwon-ro, Seo-gu, Busan 49201, Republic of Korea

Tel : +82-51-240-5470 / fax : +82-51-241-5475 / E-mail : kalisto002@naver.com

I. 서론

치과 임플란트 치료는 오늘날 무치악 부위의 수복을 위한 대표적인 치료법으로 자리매김했다. 임플란트 성공의 필수 요소 중 하나는 골-임플란트 계면의 성공적인 유착이다. 전통적인 임플란트 부하의 개념은 지연형 부하로 임플란트 식립 후 일정기간동안 임플란트에 부하가 없는 환경을 제공함으로써 골유착을 확보한다¹⁾. 그러나 최근에는 임플란트 재료와 치의학의 발전으로 임플란트 부하의 시기가 점점 앞당겨지고 있으며 조기 및 즉시부하에 대한 개념이 정립되고 있다^{2~3)}.

임플란트 부하시기를 결정하는데 있어서 임플란트의 안정성은 매우 중요한 요소이다. 임플란트의 안정성을 평가하는 방법에는 조직학적 검사, 타진검사, 방사선학적 검사, 역토크 검사, 절단저항, 진동분석 등이 있다⁴⁾. 그러나 조직학적 검사는 침습적이고 절단저항 검사는 수술 중에만 검사가 가능한 제한점이 있으며, 역토크 검사는 완전히 골유착되지 않은 임플란트에 파괴적임 힘을 가할수 있다⁵⁾. 방사선학적 검사 및 타진 검사 또한 검사자의 주관적 판단에 의존하므로 객관적인 평가를 하는데 있어 한계가 있다⁶⁾. 이러한 이유로 현재 임상에서는 비침습적인 측정방법으로 진동분석이 주로 사용되고 있으며 이는 다시 공진주파수분석법과 타진식 임플란트 안정성 측정법으로 나누어진다.

대표적인 공진주파수 분석기기인 Osstell ISQ (Integration Diagnostics AB, Sweden)는 smartpeg를 측정하려는 임플란트에 체결하고 본체의 probe가 전기 자기장을 발생시켜 smartpeg의 미세동요를 발생시킨다. 이때 임플란트의 고정력이 강할수록 높은 주파수를 보이고, 특정 주파수를 probe가 감지하여 ISQ(Implant stability quotient) data로 변환하여 표기한다²⁾. ISQ data는 1~100까지의 범위가 있으며 수치가 높을수록 더 높은 임플란트 골 유착을 의미한다⁷⁾. 이는 임상에서 유용하게 쓰

이는 측정법이긴 하나 측정시마다 임플란트의 치유지대를 제거하고 smartpeg를 연결해야하는 번거로움이 있으며, 이러한 과정은 골유착이 완전하게 일어나지 않은 임플란트에 유해한 힘을 가할 수 있다.

PerioTest (Medizintechnik Gulden, Modautal, Germany)는 타진식 임플란트 안정성 측정기기로서 측정기기의 금속막대와 임플란트 표면의 접촉시간을 분석하여 임플란트 안정성을 측정한다. 본래는 자연치의 동요도를 평가하기 위해 개발된 기구이나, 여러 연구를 통해 임플란트 안정성 측정에도 사용되기 시작하였다^{8~12)}. 수치의 범위는 -8~+50이고 골유착된 임플란트에서 수치의 범위가 -5~+5로 나타나며 수치가 높을수록 동요도가 높음을 의미한다⁶⁾. Anycheck (Neobiotech Co. Ltd., Seoul, Korea)는 2017년 개발된 타진식 임플란트 안정성 측정기기이다. 이를 이용한 임플란트 안정성 수치는 1~100까지의 범위의 ISQ값으로 환산되며 수치가 1~59이면 낮은 안정성, 60~64이면 중간안정성, 65이상이면 높은 안정성을 의미한다¹³⁾. 측정을 위해 PerioTest가 1.2Ncm의 힘으로 16회 타진하는 것에 비해, Anycheck는 1.0Ncm의 힘으로 6회 타진하며 59이하의 낮은 수치가 측정되는 경우 2~3회 타진 후 계측을 멈추는 안전제어시스템을 가지고 있어 안정성이 저하된 임플란트의 보호에 유리하다.

이전 연구에서 Ok 등은 Any check를 이용하여 치유지대주와 기성 지대주 및 상부 보철물 상에서의 수치를 비교하였으며, 상부 보철물이 합착 된 상태에서 임플란트의 안정성을 평가하는데 AnyCheck를 활용하는 것이 가능하다고 하였다¹⁴⁾. 그러나 이 연구는 합착된 단일 수복물만을 대상으로 하였으며 좀 더 다양한 임상 상황을 반영하기에는 한계점이 있었다. 본 연구의 목적은 연결된 보철물에서 Anycheck의 수치를 ISQ와 비교하고, 브릿지형태의 상부보철물의 나사풀림과 보철물의 합착 여부에 따른 영향을 평가하는 것이다.

II. 연구재료 및 방법

1. 임플란트 식립모델

AnyCheck를 사용하여 상악 구치부에 식립된 임플란트의 안정성을 측정하는 상황을 가정하였다. 0.32 g/mm³ 밀도의 cellular form과 1 mm의 epoxy fiber로 D3 골질의 해면골과 피질골을 재현한 인공뼈 블록(Artificial bone block, Sawbones Pacific Research Laboratories, Vashon, WA, USA)을 주문 제작하였다. 직경 4.8 mm, 길이 10 mm의 임플란트 고정주 (s-Clean tapered II, Dentis, Daegu, Korea) 임플란트 30개를 제조사의 표준 식립 방법에 따라 핸드피스(INTRA-surg 300; KaVo Dental, Biberach, Germany)를 이용하여 인공뼈

블록에 식립하여 2개씩 동일한 간격으로 15쌍 제작하였고, 식립토크는 35~45 Ncm 범위로 통제하였다.

2. 상부구조물 제작

CAD/CAM을 이용하여 상부 구조물을 제작하였다. 임플란트 식립모델에 내부 육각구조의 기성지대주(Couple abutment, Dentis, Daegu, Korea)를 체결한 다음 3D 스캐너(Medit T500, Seoul, Korea)를 이용하여 스캔하였다. 이후EXOCAD software (EXOCAD, Darmstadt, Germany)로 하악제2소구치(P2), 하악제1대구치(M1), 하악제2대구치(M2) 형태의 3본 브릿지 보철물을 screw and cement retained prosthesis(SCRP) type으로 설계했다. 각 보철물의 내면값은 50 μ m 로 적용하였으며

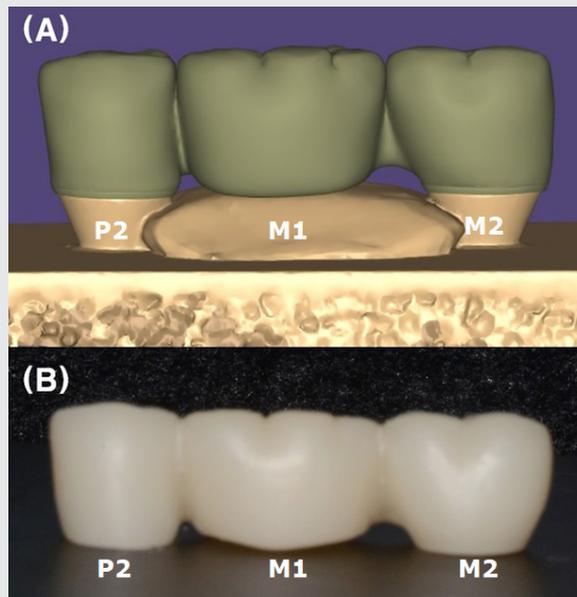


Figure 1. Prosthesis Fabrication (A) CAD design of prosthesis, (B) Zirconia prosthesis

Monolithic zirconia (Perfit ZR, Vatech, Hwaseong, Korea)를 사용하여 총 15개의 지르코니아 보철물을 제작하였다(Figure 1).

3. 분류 및 측정

제작된 표본을 상부구조물의 종류 및 조건에 따라 다음과 같이 분류하였다(Table 1). 제조사의 지시에 따라 Osstell ISQ (Integration Diagnostics AB, Sweden)로 ISQ 값을 각 5회씩 측정한 후⁷ 임플란트 고정주에 치유지대주(s-Clean Healing Abutment, Dentis, Daegu, Korea)를 10Ncm의 힘으로 체결하고(Figure 2), AnyCheck 제조사(NeoBiotech Co. Ltd.)의 권장 사항에 따라 IST 값을 5회 측정하였다(Group A).

임플란트 고정주에 30Ncm의 힘으로 기성지대주(Couple abutment, Dentis, Daegu, Korea)를 체결하고 제작된 브릿지 보철물을 다음과 같은 조건으로 분류하였다. 1) 보철물을 합착하지 않은 그룹(Group B), 2) 보철물을 합착한 그룹(Group C), 3) 보철물 합착후 1개(P1)의 나사를 풀 그룹(GroupD), 4) 보철물 합착후 2개

(P1, M2)의 나사를 풀 그룹(GroupE). 그룹당 각 5회씩 IST 값을 측정하였으며 반복 측정한ISQ와 IST값의 평균값을 해당 임플란트의 측정값으로 하였다(Table 2). 합착에는Premier Implant cement (Premier Products Co, Plymouth Meeting, PA, USA)를 사용하였다.

4. 결과분석

본 실험 결과를 윈도우용 SPSS version 21.0 (IBM, Armonk, NY, USA)을 사용하여 분석하였으며 유의수준 0.05 하에서 가설검정 하였다. 그룹 간 비교는 Kruskal-Wallis test를 시행하여 유의성을 검증하였고, Dunn's test를 이용하여 사후검정을 실시하였다.

III. 결과

각 그룹별 측정치는 실험 조건에 따라 차이를 보였다. 임플란트 안정성의 측정방식 및 상부 보철물 조건에 따른 수치는 다음과 같다. ISQ를 측정한 그룹의 P1에서

Table 1. Specimen classification by experimental condition

Group	A	B	C	D	E
Experimental condition	IST of healing abutment	IST of uncemented zirconia prosthesis	IST of cemented zirconia prosthesis	IST of zirconia prosthesis with screw loosening(P2)	IST of zirconia prosthesis with screw loosening(P2, M2)
Tightening torque(N)	10N	30N	30N	30N/0N	0N
Implant diameter(mm)	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8
Implant length(mm)	10	10	10	10	10
Number of specimen	15	15	15	15	15

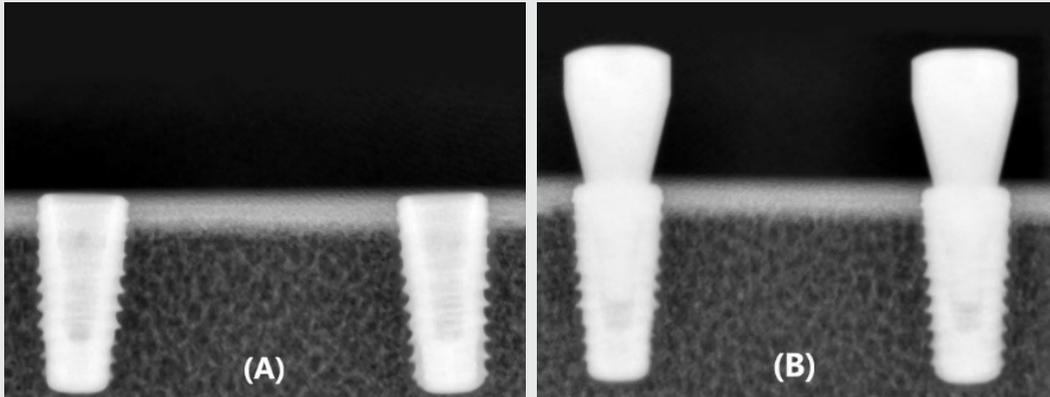


Figure 2. Cross-sectional view of implant placed into artificial bone block (s-Clean tapered II, 4.8 mm diameter, 10.0 mm length), (A) shows implant fixture, (B) shows healing abutment,

Table 2. Mean IST values according to the different abutments and prostheses

	P2		Pontic(M1)		M2	
	Mean	±SD	Mean	±SD	Mean	±SD
ISQ	81.40	±1.06	-	-	81.60	±1.24
Group A	88.87	±1.06	-	-	88.20	±1.70
Group B	87.80	±2.88	93.40	±0.63	88.73	±1.91
Group C	92.40	±0.83	93.13	±0.64	93.47	±0.74
Group D	92.40	±1.06	93.47	±0.52	93.80	±0.56
Group E	93.47	±0.64	93.67	±0.62	94.07	±0.80
p-value	<.0012		.090		<.001	

ISQ, Group A : IST of healing abutment, Group B: IST of uncemented zirconia prosthesis, Group C: IST of cemented zirconia prosthesis, Group D: IST of zirconia prosthesis with screw loosening(P2), Group E: IST of zirconia prosthesis with screw loosening(P2, M2).

81.40±1.06의 가장 낮은 평균값이 측정되었고, 그룹E의 M2에서의 IST가 94.07±0.8의 가장 높은 평균값이 측정되었다. 식립토크를 35~45Ncm으로 통제하에 식립된 임플란트 상에서 ISQ와 IST는 모두 79 이상의 측정값을 보였다(Table 2).

각 그룹의 보철물의 조건에 따라 IST가 증가하거나 감소하는 상관관계를 확인할수 있었다. P2와 M2의 IST 측정값은 그룹 A, B와 비교하여 그룹 C,D,E에서 유의하게 높아, 치유지대주와 보철물 접착을 하지 않은 그룹보다 보철물 접착을 한 그룹에서 높은 IST수치를 나타내었다(p < .05).

보철물 접착을 한 그룹인 그룹 C,D,E에서는 각 그룹간의 IST 수치의 차이가 1.67이하로 나사 풀림에 따른 측정값의 유의한 차이를 볼수 없었다. ISQ의 측정값은 본 연구에 포함된 다른 모든 그룹보다 낮은 수치가 측정되었다($p<.05$). Pontic(M1)값은 그룹에 따른 IST차이가 0.54 이하로 보철물의 접착여부 및 나사 풀림에 따른 조건변화와 관련하여 통계적으로 유의한 차이가 관측되지 않았다($p=.090$). 각 그룹에서 임플란트 안정성 수치에 대한 결과를 그래프로 나타내었다(Figure 3).

IV. 고찰

본 연구는 ISQ 수치와 Anycheck의 측정값 차이를 비교하고, 단일 보철물과 연결된 보철물에서의 Anycheck의 측정값 차이 및 나사 풀림 여부와 합착 여부가 수치에 미치는 영향에 대해 알아보하고자 하였다. 실험 결과 대조군 내에서 치유지대주의 평균 IST 수치는 P2에서 88.87 ± 1.06 , M2에서 88.20 ± 1.07 로서 이전 Ok 등의 연구결과값인 87.5 ± 2.1 와 유사했다¹⁴⁾. ISQ의 결과치는

P2에서 81.40 ± 1.06 , M2에서 81.60 ± 1.24 로, 높은 안정성을 나타내는 수치가 측정되었으나 Anycheck로 측정 한 다른 모든 그룹의 IST보다는 낮은 수치를 보였다. 이는 임플란트 안정성 측정원리의 차이 및 측정 높이의 차이에 기인한 것으로 생각된다. 35~45Ncm의 통제하에 식립된 임플란트의 모든 표본에서 ISQ와 IST 모두 측정치가 79 이상으로 높은 안정성을 나타내는 수치가 일관성있게 측정됨에 따라 두 기구 모두 임플란트 안정성 평가에 있어서 유용하게 사용될수 있으리라 사료된다.

브릿지 보철물의 합착을 하지 않고 IST를 측정하였을 때 가공치를 제외한 임플란트 보철물의 측정값은 치유지대주의 IST 수치와 유의한 차이가 없었으나, 합착 후의 브릿지 보철물의 IST값은 치유지대주의 IST 수치보다 유의하게 높았다. 이는 상부 보철물의 재료인 지르코니아의 높은 탄성계수와 표면경도에 영향을 받은 것으로 생각되며 이전 Ok 등의 연구결과와 일치한다¹⁴⁾. 치유지대주의 재료인 Ti6Al4V (Ti grade 5)의 비커스 경도와 탄성 계수는 각각 435.7 및 115Gpa 이며 Monolithic zirconia는 Ti6Al4V와 비교하여 3배 이상의 경도와 약 2배의 탄성계수를 가진다^{16~17)}. 따라서 임상에서 타진식 임플란트 측정

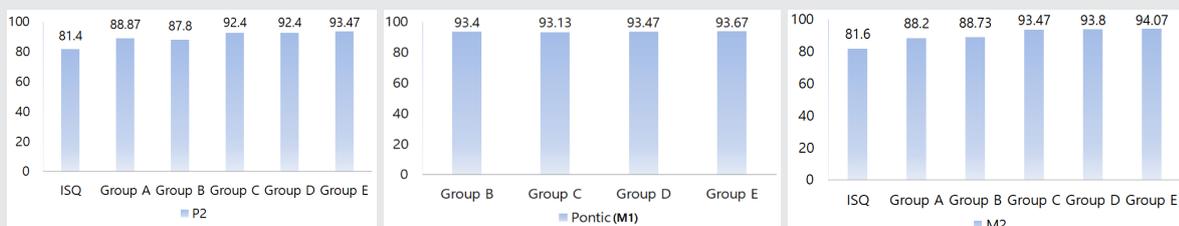


Figure 3. Results of Kruskal-Wallis test. ISQ, Group A; IST of healing abutment, Group B; IST of uncemented zirconia prosthesis, Group C; IST of cemented zirconia prosthesis, Group D; IST of zirconia prosthesis with screw loosening(P2), Group E; IST of zirconia prosthesis with screw loosening(P2,M2).

기기를 이용하여 상부 보철물 상에서 임플란트 안정성을 평가하고자 한다면 재료의 물성에 따른 수치 변화 경향을 반영하여야 할 것이다.

이 실험에서 보철물 합착을 하지 않은 군의 측정값은 합착을 한 실험군보다 유의하게 낮았다. 반면 합착되지 않은 상황에서도 가공치의 IST값은 합착된 실험군과 유의한 차이가 없었는데 이는 시멘트가 개재되어 있지 않은 상황에서도 양측의 지대주로 인한 연결 효과에 의해 안정성이 유지되는 것으로 해석할 수 있다. 이 실험의 결과에 한정해서 본다면 임플란트 보철물의 시멘트 유실 여부 평가에 있어 Anycheck 수치 측정이 의미가 있으며, 다른 이유 없이 Anycheck 측정값이 이전보다 저하되는 경우 임플란트의 안정성 저하 뿐만 아니라 시멘트의 상실 가능성을 의심해 볼 수 있을 것이다. 또한 임플란트 경과 관찰시 가공치에서 측정한 IST 값은 신뢰도가 떨어질 것으로 예상된다.

이 연구에서 상부 보철물의 나사가 풀린 상황을 가정했던 그룹에서도 IST 측정값이 나사가 풀리지 않은 그룹과 유사하게 나타났다. 이는 이 실험에서 사용된 임플란트의 구조가 internal conical type으로 임플란트 고정주와 지대주의 결합이 긴밀하기 때문으로 생각할 수 있다. 나사가 전적으로 상부 보철물과의 안정성을 담당하는 external connection type의 임플란트에 반해 internal conical type의 임플란트는 나사뿐만 아니라 임플란트 고정주의 축벽과 지대주 축벽 사이의 썸 효과에 안정성의 상당 부분을 담당한다¹⁸⁻¹⁹⁾. 이로 인해 internal conical type 임플란트에서는 상부 보철물의 나사가 풀린 상황에서도 보철물이 동요나 탈락 없이 유지될 수 있으며 상부 보철의 제거가 어려운 상황이 발생하기도 한다. 본 실험에서의 결과에 한정하면 internal conical type의 임플란트에서는 Anycheck 수치로는 나사풀림 여부를 판단하기 어려울 것으로 보인다. 이러한 결과는 다른 연결 구조를 가진 임플란트에서는 달리 나타날 수 있으며, 이에 대한 추

가적인 연구가 필요할 것이다. 또한 이 실험에서는 임상에서의 저작력 발생 상황을 반영하지 못하였다. 나사가 풀린 상황에서 저작력 발생 시 측방력에 의한 임플란트 보철물의 동요도가 발생할 수 있으며 이는 IST 수치에 영향을 줄 수 있을 것이다.

연구에서는 타진식 측정기기인 AnyCheck를 사용하여 치유 지대주 및 연결된 형태의 상부 구조물에서 측정값의 변화를 관찰하였으며, 그 결과 상부 구조물의 종류 및 조건에 따라 IST 측정값에는 차이가 있었으나 각 그룹 내에서는 일관된 경향성을 보임을 확인할 수 있었다. 이 연구 결과에 한정하면 임플란트 안정성 평가를 기성 지대주 상에서 측정해도 임상적으로 문제가 없을 것이라 생각된다. 그러나 상부 보철물 상에서 수치를 측정할 경우 임플란트의 안정성뿐만 아니라 상부 보철물의 종류 및 시멘트 합착 여부 등의 부가적인 조건이 결과값에 영향을 미치는 것이 확인되었다. 따라서 임상에서는 치유 지대주가 아닌 상부 보철물 상에서 Anycheck를 사용하는 경우, 그 절대값에 의존하기 보다는 경향성을 참조하여 임플란트의 안정성 및 상부 보철물의 변화를 평가하는 것이 보다 바람직할 것이다.

Osstell ISQ는 안정성 계측을 위해 치유지대주를 풀고 변환기를 체결하는 번거로움과 주위 연조직에 대한 자극 등의 단점이 있고, 일체형 임플란트에서는 사용할 수 없으며 보철물의 합착 및 장착 후에는 임플란트 안정성 측정이 어렵다는 한계가 있다. 이에 반하여 Anycheck는 지대주 상에서도 측정이 가능하다는 장점이 있으나 실제 구강 내에서 적용하는 위치 및 각도에 따라 계측값에 차이가 발생할 수 있다. 이전의 Park(2018)등의 연구에서 임플란트 치유지대주 상에서 측정한 IST값에서 측정각도가 지면에서 30°에 가까울수록, 측정높이가 임플란트 고정주에 가까울수록 수치가 높아짐을 볼수있었다¹⁵⁾. 실제 임상에서는 상부보철물마다 높이 및 형태가 다양하여 측정 위치와 각도를 정확히 통제하기 어려우며, 임플란트의 안정성이

외의 다른 요소가 결과값에 영향을 미칠 수 있다. 따라서 상부 보철물 상에서의 Anycheck를 통한 안정성 평가는 신중하게 접근해야 할 것이며 다양한 요소에 대한 추가적인 연구가 필요할 것으로 사료된다.

V. 결론

본 연구에서는 Internal conical type의 임플란트에 치유 지대주 및 3분 브릿지 형태의 보철물을 연결하여 IST 값을 측정한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 합착을 하지 않은 상부 보철물의 IST수치는 치유지대주의 IST 수치와 차이가 없었다.
2. 치유지대주보다 합착된 지르코니아 보철물 상에서 측정수치가 더 높게 나타났다.
3. 가공치의 경우 보철물의 합착 여부가 IST수치에 영향을 주지 않았다.
4. 상부 보철물의 나사풀림에 따른 IST수치의 변화는 없었다.

참고 문헌

1. Brånemark PI, Hansson BO, Adell R, Breine U, Lindström J, Hallén O, Ohman A. Osseointegrated implants in the treatment of the edentulous jaw. Experience from a 10-year period. *Scand J Plast Reconstr Surg Suppl.* 1977;16:1-132.
2. Mitsias M, Siormpas K, Pistilli V, Trullenque-Eriksson A, Esposito M. Immediate, early (6 weeks) and delayed loading (3 months) of single, partial and full fixed implant supported prostheses: 1-year post-loading data from a multicentre randomised controlled trial. *Eur J Oral Implantol.* 2018;11(1):63-75.
3. Al-Sawai AA, Labib H. Success of immediate loading implants compared to conventionally-loaded implants: a literature review. *J Investig Clin Dent.* 2016 Aug;7(3):217-24.
4. Mistry G, Shetty O, Shetty S, Singh RD. Measuring implant stability: A review of different methods. *J Dent Implant* 2014;4:165-9.
5. Roberts WE, Smith RK, Zilberman Y, Mozsary PG, Smith RS. Osseous adaptation to continuous loading of rigid endosseous implants. *Am J Orthod.* 1984 Aug;86(2):95-111.
6. Atsumi M, Park SH, Wang HL. Methods used to assess implant stability: current status. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2007;22:743-548.
7. Herrero-Climent M, Santos-García R, Jaramillo-Santos R, Romero-Ruiz MM, Fernández-Palacin A, Lázaro-Calvo P, Bul-lón P, Ríos-Santos JV. Assessment of Osstell ISQ's reliability for implant stability measurement: a cross-sectional clinical study. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal.* 2013 Nov 1;18(6):e877-82.
8. Schulte W, d' Hoedt B, Lukas D, Maunz M, Steppeler M. Periotest for measuring periodontal characteristics- correlation with periodontal bone loss. *J Periodont Res* 1992.
9. Chavez H et al. Assessment of oral implantmobility. *JPD* 1993.
10. Bilhan, H, Cilingir A, Bural C, Bilmenoglu C, Sakar O, Geckilii O. The Evaluation of the Reliability of Periotest for Implant Stability Measurements: An In Vitro Study. *J Oral Implantology* 2015; 41 (4): e90-e95.
11. Teerlinck J, Quirynen M, Darius P, van Steenberghe D. Perio test: An object clinical diagnosis of bone apposition toward implants. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1991;6: 55-61.
12. Olive J, Aparicio C. The periotest method as a measure of osseointegrated oral implant stability. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1990;5:390-400.
13. Lee JW, Pyo SW, Cho HJ, An JS, Lee JH, Koo KT, Lee YM. Comparison of implant stability measurements between a

참 고 문 헌

- resonance frequency analysis device and a modified damping capacity analysis device: an in vitro study. *J Periodontal Implant Sci.* 2020 Feb 18;50(1):56-66.
14. Ok SM, Hwang SH, Kim CH, Kim BJ, Kim JH, Kwon YW, Sung HM, Kang SW. Study of the Differences in a Percussion-type Implant Stability Measuring Instrument according to Type of Prosthesis. *J Korean Academy of Advanced General Dentistry.* 2021;10:1-7.
15. Park YH, Lee SB, Lee SW, Paek JH, Lee JY. Differences in percussion-type measurements of implant stability according to height of healing abutments and measurement angle. *J Korean Acad Prosthodont* 2018;56:278-86.
16. Elias CN, Fernandes DJ, de Souza FM, Monteiro EDS, de Biasi RS. Mechanical and clinical properties of titanium and titanium-based alloys (Ti G2, Ti G4 cold worked nanostructured and Ti G5) for biomedical applications. *J Mater Res Technol* 2019;8:1060-9.
17. Candido LM, Miotto LN, Fais L, Cesar PF, Pinelli L. Mechanical and surface properties of monolithic zirconia. *Oper Dent* 2018;43:E119-28.
18. Bozkaya, D., Muftu, S. Mechanics of the tapered interference fit in dental implants. *Journal of Biomechanics* 2003; 36: 1649-1658.
19. Lee JH, Kim DG, Park CJ, Cho LR. Axial displacements in external and internal implant-abutment connection. *Clin Oral Implants Res.* 2014 Feb;25(2):e83-9.
20. Meredith N, Alleyne D, Cawley P. Quantitative determination of the stability of the implant-tissue interface using resonance frequency analysis. *Clin Oral Implants Res* 1996;7:261-7.