

투고일 : 2016. 1. 22

심사일 : 2016. 1. 29

게재확정일 : 2016. 2. 12

Splinted or Non-splinted: 다수의 인접한 치아 결손부 수복을 위한 임플란트 보철

이화여대 목동병원 치과보철과

윤형인

ABSTRACT

Splinted and non-splinted implant-supported restorations : prosthetic considerations for restoring multiple adjacent teeth

Department of Dentistry, School of Medicine, Ewha Womans University
Hyung-In Yoon, DDS, MSD, PhD

The purpose of this paper was to investigate the significance of splinted and non-splinted implant-supported restorations with an internal connection for multiple consecutively missing teeth. Upon examination of the effects of fixture-abutment connection, the distribution of occlusal load was favorable in splinted implant-prosthesis with an external connection, but effect of strain distribution was not significant in splinted implant-prosthesis with an internal connection. In splinted implant-prostheses for short implants, strain distribution was not affected by the method of retention. For cement-retained prostheses, the effect of strain distribution due to splinting was not significant. In clinical studies, non-splinted prostheses with an internal connection for multiple consecutively missing teeth showed high survival rate, mild marginal bone loss, and stable periodontal condition. However, failure to achieve optimal proximal contact between single-unit prostheses may lead to food impaction, and veneer fracture may be inevitable when the framework provides inadequate support in the proximal region. In conclusion, splinted implant-prosthesis is not an indication in all cases, and clinical consideration of its use should be based on the patient's oral condition, such as location and number of implants, formation of proximal contact, canine guidance, existence of parafunctional habit, and oral hygiene, when multiple consecutively missing teeth are replaced by internal connection type implant.

Key words : Splinted, Non-splinted, Implant restorations, Strain distribution, Internal connection

Corresponding Author

Dr. Hyung-In Yoon, DDS, MSD, PhD

Clinical assistant professor, Department of Dentistry, School of Medicine, Ewha Womans University, Seoul, Korea

Tel : +82-2-2650-5042, Fax : +82-2-2650-5764

I. 서론

치아 결손부를 수복하기 위해 식립하는 치과용 임플란트의 위치와 개수는 치아 결손부 및 악골의 연조직 및 경조직 상태, 수복 재료, 보철물의 최종 형태, 교합

양식, 기능 및 심미성 등을 모두 고려하여 치료 계획 단계에서 정해지는 것이 일반적이다. 한 악궁에서 4개 이하의 치아(전치 및 구치)가 인접하여 부분적으로 상실된 경우, 상실 치아 수만큼 임플란트를 식립한다면 상부 보철물의 형태는 전체 혹은 부분적으로 연결

고정(splinted)하는 방식과 개별적으로 수복(non-splinted)하는 방식을 생각해 볼 수 있다.

자연치의 연결 고정은 서로 다른 치조골 수준을 가진 지대치들의 안정성을 높이고 측방력에 저항성을 높이며, 치조골 상실로 증가된 치관-치근 비율을 보상하는데 그 이유가 있다¹⁾. 2005년 대한치과보철학회에서 발간한 치과 보철학 용어집에서는, 연결 고정(splinting)을 고정성 혹은 가철성 치과보철물 또는 특수 장치로 두 개 이상의 치아를 하나의 단위로 견고히 연결하는 것이라고 정의하고 있다.

자연치에서 연결 고정의 적응증은 1) 치조골 소실로 인해 치주 치료 이후에도 동요도가 감소되지 않는 치아에 가해지는 이차적인 교합외상을 치료할 경우, 2) 치아의 동요도로 인해 환자가 저작이 불편할 경우 치주 치료 이후에 안정시키고자 하는 경우, 3) 교정적으로 이동한 치아들의 재발을 방지하고자 할 경우, 4) 상실된 치아를 대체하고자 하는 경우가 된다¹⁾.

임플란트의 장기적 성공을 위해서는 교합 하중의 효과적인 분산이 중요하다. 임플란트 및 주변 골조직으로의 응력 분산에는 1) 하중 형태, 2) 임플란트 길이와 직경, 3) 임플란트의 표면 특성, 4) 임플란트 보철 형태, 5) 지지 골의 특성 등이 영향을 미친다²⁾. 특히, 자연치와 달리 골조직에 고정된 임플란트는 과도한 교합력이 가해질 경우 임플란트-골 계면의 미세파절로 인한 임플란트의 상실, 임플란트 고정체의 기계적 파절, 보철 구성요소의 피로 파절 등이 일어날 수 있다³⁾. 따라서 임플란트에서 연결 고정(splinting)은 지지 조직의 면적을 넓히고 임플란트 간에 교합력을 효율적으로 분산하여 임플란트-골 계면에 해로운 응력이 가해지는 것을 최소화하는 데 그 목적이 있다⁴⁾. 부분 무치악 구치부의 임플란트 보철 수복 시에 임상가들은 생역학적 관점에서 교합 하중을 효과적으로 분산하고 변연골 소실과 임플란트 보철 구성 요소의 피로를 줄이기 위해 연결 고정을 제시한 바 있다⁵⁾.

2000년 Becker 등은 임플란트 연결 고정에 대한 가이드라인을 발표하면서, 임플란트 고정체의 길이,

표면 처리, 식립부위의 골질, 교합력 및 대합 악궁을 모두 고려하여 결정해야 한다고 하였다⁶⁾. 또한 임플란트 간의 평행성과 보철물의 수동적 적합 가능성까지 고려하여 연결 고정하는 임플란트의 수가 적은 것이 유리하므로 상부 보철물 기준으로 2개에서 4개까지 하나로 묶을 수 있다고 주장하였다⁶⁾.

본 논고에서는 다수의 인접한 치아가 상실된 경우 이를 수복하기 위한 임플란트 보철치료에서 연결 고정 혹은 개별 수복의 의미를 현재까지 발표된 실험 연구와 최근 임상 연구를 바탕으로 정리하고자 한다. 특히 오늘날 많이 사용되고 있는 내측 연결형 임플란트에서 상부 보철의 연결 고정 여부가 갖는 임상적 의미를 살펴본다.

II. 본론

1. 임플란트 고정체와 지대주의 연결 방식(외측 연결형 혹은 내측 연결형)과 연결 고정의 효과

2002년 Guichet 등은 레진 모형에 제 1 소구치에서 제 1 대구치까지 3개의 외측 연결형 임플란트를 식립하고 상부에 시멘트 유지형 보철물을 연결 고정(splinted) 혹은 개별 수복(non-splinted) 형태로 제작하여 광탄성 분석을 시행하였다⁷⁾. 또한, 인접면 접촉 강도를 달리하였을 때 지지 조직에 발생하는 응력을 측정하였다. 그 결과, 인접면 접촉이 강할수록 고정체 상부 및 표면에 발생하는 응력이 증가하는 것으로 나타났다⁷⁾. 연결 고정할 경우 개별 수복에 비하여 임플란트 간 응력이 더 고르게 분산되고, 지지 조직에 적은 응력을 전달하며, 이 효과는 수직 방향보다 경사진 방향의 부하에서 더 크게 나타났다⁷⁾. 인접면 접촉 강도가 과도하면 상부 보철의 수동적 적합이 어려우므로, 개별 수복의 경우 인접면 접촉을 최적화하는 것-이 연구에서는 8 μ m의 shim stock이 찢어지지 않고 통과하는 정도-이 중요하다고 보았다⁷⁾.

Nissan 등은 외측 연결형 임플란트 식립 후 시멘트 유지형 보철로 수복할 경우, 연결 고정 혹은 개별 수복에 관계없이 치관 공간(Crown Height Space)이 15mm 이상이면 교합 하중에 의한 실패 가능성이 높다고 하였다^{8, 9)}. 다시 말해, 치관 대 임플란트 비율보다 절대적인 치관 높이가 임플란트 보철의 생역학적 실패에 더 중요한 것으로 나타났다^{8, 9)}.

Tiossi 등은 임플란트 연결 고정 여부 및 원심 인접치 접촉 유무에 따른 고정체 주변 응력 분포를 분석하였다^{10, 11)}. 레진 모형의 제 2 소구치, 제 1 대구치 부위에 외측 연결형 임플란트를 식립하고 제 1 소구치와 제 2 대구치 인공치를 식립하여 인접면 접촉을 부여하였다. 나사 유지 형태의 도재-금속 수복물을 개별 수복과 연결 고정의 두 종류로 제작하고 응력과 변형율을 측정된 결과, 상부 보철을 연결 고정하고 그 원심에 제 2 대구치가 인접면 접촉을 이루는 경우 지지 조직에 가장 낮은 변형율을 나타냈다^{10, 11)}. 원심측에 인접한 제 2 대구치가 없을 경우에 하중에 의해 지지 조직에 전달되는 응력은 상부 보철물이 연결 고정된 경우에 낮았다^{10, 11)}. 저자는 외측 연결형 임플란트를 사용한 경우, 부분 무치악 부위 원심에 인접면 접촉(자연치)이 없다면 상부 보철을 연결 고정하는 것이 응력 분산에 유리하다고 하였다^{10, 11)}.

2008년 백 등은 하악 제 1, 2 대구치가 상실된 부분 무치악을 가정하여, 외측 연결과 내측 연결형 임플란트 식립 후 수복한 상부 보철물의 연결 고정(splinting)이 고정체와 주위 골조직의 응력 분산에 영향이 있는지 유한 요소 분석을 통해 평가하였다¹²⁾. 수평 하중이 가해질 경우, 지대주와 닿는 임플란트 상부에 응력이 집중되는 외측 연결형 임플란트와 달리 내측 연결형 임플란트에서는 지대주 나사 및 그와 인접하는 고정체 내부 계면에서 응력값이 가장 컸다¹²⁾. 내측 및 외측 연결형 임플란트 모두에서 상부 보철을 연결 고정할 경우 주위 조직 및 구성 요소에 미치는 응력이 감소하였으나 특히 외측 연결 방식에서 더 크게 감소하였다¹²⁾.

Clelland 등은 제 1, 2 대구치가 연속하여 상실된

형태의 하악 모형에 서로 다른 길이(15mm, 11mm)를 갖는 내측 연결형 임플란트를 식립하였다¹³⁾. 상부 보철은 9~10mm의 치관 높이로 금합금을 사용하여 나사 유지형으로 제작하되, 연결 고정 혹은 개별 수복하여 제작하였다. 수직 방향 및 20도의 경사진 방향으로 부하를 가하여 임플란트의 변형율을 측정된 결과, 보철을 연결 고정하면 임플란트 간 하중 분산에 더 유리하나 개별 수복에 비하여 통계적 유의성은 없었다. 다시 말해, 내측 연결형 임플란트에서 치관 대 임플란트의 비율이 1 혹은 그 이하일 경우 연결 고정의 효과는 크지 않을 수 있다¹³⁾.

2014년 Yilmaz 등은 모형에 식립한 두 개의 내측 연결형 임플란트 상부에 나사 유지형 보철물을 제작하고 연결 고정 혹은 개별 수복한 뒤 보철물의 변위(displacement)를 측정하였다¹⁴⁾. 그 결과, 연결 고정된 보철물이 개별 수복한 경우에 비하여 전하중(preload) 부여 시 유의하게 적은 변위를 보였으며, 인접면 접촉 강도 역시 토크 부여 후 유의하게 증가하였다¹⁴⁾.

이상을 종합하면, 외측 연결형 임플란트에서는 상부 보철물을 연결 고정하는 것이 교합 하중의 분산에 유리하나, 내측 연결형 임플란트에서는 연결 고정에 의한 응력 분산 효과가 크지 않았다^{10~14)}. 부분 무치악에서는 인접한 자연치 혹은 임플란트 보철물 간의 인접면 접촉 강도를 조정하는 것이 지지 조직과 임플란트에 가해지는 응력을 최소화하는 측면에서 중요하며, 상부 보철물의 원심으로 치아가 존재하여 인접면 접촉이 있을 경우 응력 분산에 유리하다^{10~14)}. 또한 내측 연결형 임플란트의 경우, 상부를 개별적으로 수복한다면 전하중 부여 시 보철물의 변위에 의해 인접면 접촉 강도가 변할 수 있으므로 기공 과정에서 이를 미리 고려해야 한다.

2. 상부 보철의 유지 형태(나사 혹은 시멘트 유지) 및 짧은 임플란트에 대한 연결 고정의 효과

2011년 Yilmaz 등은 하악 모형의 제 1, 2 대구치 부위에 짧은(6mm) 내측 연결형 임플란트를 식립하고 금합금으로 연결 고정 혹은 개별 수복 형태의 나사 유지형 보철물을 제작하여 하중을 가하였다¹⁵. 수직 부하에서는 연결 고정에 상관없는 변형 양상을 보인 반면, 경사진 부하에서는 개별 수복할 경우 연결 고정에 비해 유의하게 높은 변형율을 보였다¹⁵.

2013년 Clelland 등은 하악 모형에 2개의 짧은(6mm) 내측 연결형 임플란트를 식립하고 시멘트 유지형과 나사 유지형 보철물을 제작하여 연결 고정 효과를 평가하였다⁶. 보철물에 수직 및 경사진 하중을 가하여 변형율을 측정하고, 수직 부하에서 유지 형태에 의한 변형율 차이는 유의하지 않았다⁶. 경사진 부하의 경우 나사 유지형 보철물이 더 낮은 변형율을 보였으나 이 역시 통계적 유의성은 없었다⁶. 같은 연구팀이 발표한 다른 논문에서는, 짧은(6mm) 내측 연결형 임플란트 식립 후에 연결 고정 혹은 개별 수복 형태로 시멘트 유지형 보철물을 제작하고 수직 혹은 수평 하중에 의한 변형율을 측정하였는데, 모든 조건에서 연결 고정 여부에 따른 유의한 차이는 없었다⁷.

이상의 연구를 종합하면, 상부 보철물이 연결 고정된 경우 보철물 유지 형태(나사 혹은 시멘트)는 응력 분산에 영향을 주지 않으며, 시멘트 유지형일 경우 연결 고정에 의한 응력 분산 효과는 크지 않았다¹⁵⁻¹⁷. 구치부의 부분 무치악 공간에 짧은 임플란트(6 mm)를 식립한 경우, 상부 보철을 연결 고정하는 것이 고정체와 지지 조직에 미치는 응력을 양호하게 분산하여 위험을 줄일 수 있다. 구내 악습관이 있는 환자 혹은 골량이 부족하여 식립할 임플란트가 짧은 경우 효과적인 응력 분산 및 임플란트의 안정성을 높이기 위해 상부 보철을 연결 고정하는 것이 필요하다¹⁵⁻¹⁷.

3. 임상 연구 - 연결 고정 혹은 개별 수복

1998년 Solnit와 Schneider는 다수의 외측 연결형 임플란트를 연결 고정하는 기존 보철방식의 대안

으로서 내측 연결형(ITI 방식) 임플란트 보철을 제안하면서, 지대주와 임플란트 연결부의 내측벽이 마찰에 의해 긴밀하게 접촉하면서 나사로 유지되는 방식이 하중 분산에 유리하며 나사 풀림도 적어 단일 임플란트 보철 형태로 개별 수복하는 데 유리하다고 하였다¹⁸. 특히 다수의 보철을 제작할 경우 기공 오차 등으로 수동적 적합을 이루기 어려운 점을 들어, 내측 연결형 임플란트의 경우 단일 형태로 개별 수복하고 적절한 인접면 접촉을 형성해준다면 나사 유지형이든 시멘트 유지형이든 최적의 치료를 할 수 있다고 하였다¹⁸. 이와 함께 저자는 단일 치아 형태로 수복 시 적절한 치은 출현 윤곽의 형성이 가능하고, 위생 관리를 위한 치간부 접근이 용이하며, 보철물 측면 형태를 최적화할 수 있고, 복잡한 기공 과정이 생략된다는 것을 장점으로 들고 있다¹⁸. 물론 심한 이갈이나 견치 유도가 불가능한 경우, 골질과 골량이 불량하여 임플란트의 안정성에 불리하다면 상부 보철물을 연결 고정하도록 추천하고 있다.

2003년 Simon은 총 50명의 부분 무치악 환자를 대상으로 외측 연결형 임플란트(Branemark 방식)를 소구치와 대구치 부위에 식립하여 시멘트 유지형 보철물로 개별 수복하고 약 10년 간 관찰한 결과를 발표하였다⁹. 별도의 골이식없이 양호한 골질에 식립한 총 126개의 임플란트 중 5개가 실패하여 연결 고정 없이 수복하였음에도 96%의 높은 성공율을 나타냈으며 합병증은 주로 지대주 나사 풀림(7.4%)이나 보철물 탈락(접착 실패, 22.2%)이었다⁹.

2006년 Norton 은 54명의 남녀 환자를 대상으로 2개 이상 부분적으로 인접하여 상실된 구치부에 총 181개의 내측 연결형 임플란트(Astra 방식)를 식립하고 개별적으로 시멘트 유지형 보철물로 수복하여 평균 37개월 (최대 7.5년)간 관찰한 후향 연구를 발표하였다²⁰(그림 1-A). 관찰 기간 동안 99.4%의 임플란트 생존율을 보였으며 변연골 흡수는 평균 0.65mm 이었다²⁰. 합병증으로 18명의 환자에서 1개 이상의 임플란트 보철물 주변 조직에 염증이 발견되었으나, 대

임상가를 위한 특집 3



그림 1. 개별적으로 수복된 임플란트 보철

부분 구강 위생 관리 교육이나 국소적 약물 적용으로 해결되었다. 보철적 합병증으로는 32건(17.7%)의 보철물 접착 실패(decementation), 13건의 상부 도재 파절(7.2%), 4건(2.2%)의 나사 풀림이 발생하였다²⁰⁾. 저자는 부분 무치악을 임플란트로 개별 수복할 경우, 유지 관리 및 보철 수리 시 문제가 발생한 보철물 하나에 국한되는 것이 장점이라고 하였다.

2006년 Blanes 등은 10년간의 전향적 관찰 연구를 통해 내측 연결형 임플란트(ITI 방식)의 수복 형태가 변연골 흡수에 미치는 영향을 분석하였다²¹⁾. 이 연구에서는 상, 하악 구치부가 부분적으로 상실된 총 83명의 환자들에게 내측 연결형 임플란트(ITI)를 식립하고 시멘트 유지형 혹은 나사 유지형 보철 형태로 수복하였다. 모든 임플란트는 10년의 관찰 기간 동안 94.1%의 생존율을 보였으며 보철물의 치관-임플란트 비율은 2~3 정도로 나타났다²¹⁾. 상부 보철물의 연결 고정과 개별 수복을 비교한 결과, 연결 고정 여부 및 유지 형태(나사 혹은 시멘트)는 다수 임플란트의 변연골 흡수 양상에 유의한 영향을 주지 못하였다²¹⁾. 저자는 이전 연구¹⁸⁾와 동일하게 단일 형태 수복물을 다수의 인접한 임플란트 치료 시 적용하면, 최적화된 출현 윤곽(emergence profile)을 부여하여 치태 조절을 위한 기구 접근성을 높이는 동시에 개별 보철물

의 적합도 역시 향상시킬 수 있다고 주장하였다.

2015년 Vigolo 등은 상악 부분 무치악에 외측 연결형 임플란트를 식립하여 상부는 시멘트 유지형 금속-도재 보철물로 연결 고정 혹은 개별 수복하고 10년 간 관찰한 무작위 임상연구 결과를 발표하였다²²⁾. 구치가 편측으로 상실되고, 식립 부위는 골질이 양호하며 대합치는 자연치인 환자들을 대상으로 연구를 시행한 결과, 변연골 흡수는 개별 수복한 경우가 연결 고정한 경우에 비해 0.1mm 정도 높았으나, 외측 연결형 임플란트 특성 상 임상적 의미는 적었다²²⁾.

2015년 Lee 등은 상, 하악 구치부에 2개 이상의 인접하여 다수의 상실부를 갖는 환자 8명을 대상으로 20개의 내측 연결형 임플란트를 식립하고 개별 형태로 수복한 후 4년의 전향적 코호트(cohort) 관찰 연구를 발표하였다²³⁾. 상부는 금속-도재 혹은 지르코니아-도재 보철이었으며 임플란트 지대주에 시멘트로 접착하였다. 보철 후 48개월의 관찰 기간 동안 100%의 생존율을 보였으며, 변연골 소실은 시간이 지남에 따라 증가하였으나 임플란트의 길이, 수복 재료에 의한 차이는 유의하지 않았다²³⁾. 임플란트 주변 점막의 탐침 깊이는 4년의 기간 동안 유사하였다²³⁾. 관찰기간 동안 몇 가지 임상적 문제가 발견되었는데, 식편압입(food impaction), 도재 파절(porcelain chip

ping)이 높은 빈도로 나타났으며, 접촉점 소실(loose contact) 또한 관찰되었다²³⁾. 특히 금속-도재 수복물에 비해 지르코니아-도재 수복물에서 도재 파절과 인접면 접촉 소실이 유의하게 높았으며, 금속-도재 수복물에서는 식편 압입이 높은 빈도로 발생하였다²³⁾. 연구자들은 부분 무치악에서 임플란트 상부 보철물을 개별적으로 수복할 경우, 적절한 인접면 접촉을 부여해주는 것이 식편 압입을 방지하고 적절한 위생 관리를 위해 중요하다고 강조하였다.

일련의 임상 연구들에서, 다수의 인접한 치아 결손부에서 내측 연결형 임플란트를 식립한 경우 상부 보철을 연결 고정하지 않고 개별 수복하여도 높은 생존율과 적은 변연골 소실, 안정적인 치주 상태를 보였다^{18, 20, 21, 23)}. 다만, 단일 형태 보철물 간에 최적의 인접면 접촉(proximal contact)을 부여하지 못할 경우 식편 압입이 발생할 수 있고, 인접면에서 하부 재료가 상부 도재를 충분히 지지하지 못할 경우 도재 파절 가능성을 주의해야 한다²³⁾.

III. 결론

2005년 Grossman 등은 당시의 연구 결과와 임상적 경험을 바탕으로, 연결 고정이 필요한 경우와 필요하지 않은 경우를 구분하여 제시한 바 있다²⁴⁾(그림

1-B, Table I). 저자는 이전에 발표된 임상 연구^{25, 26)}를 통해 단일 형태로 수복한 임플란트와 상부 보철을 연결 고정한 임플란트가 부분 무치악 환경에서 유사한 변연골 흡수 및 성공률을 보였다는 점에 주목하며 연결 고정이 모든 경우에 필요한 것은 아니라고 역설하였다. 특히, 안정적 자연치 접촉, 양호한 견치 유도, 그리고 다수 임플란트가 적절히 식립된 경우는 개별 수복해도 무방하다고 하였다²⁴⁾. 과학적 근거는 약하지만, 일반적으로 악궁 전체(특히 상악 무치악), 구내 악습관, 견치 유도가 불가능하고 교합 접촉을 이루는 잔존 자연치 수가 부족할 경우는 임플란트 간의 연결 고정이 중요하다고 하였다²⁴⁾.

결론적으로, 다수의 치아가 인접하게 상실된 부분 무치악 공간에 내측 연결형 임플란트를 식립한 경우, 결손치 수만큼 식립하였다면 환자의 구강 환경(Table 1)을 감안하여 연결 고정 여부를 결정해야 한다. 단순히 생역학적 측면만 고려한다면 6mm 내외의 짧은 임플란트 이외에는 상부 보철의 연결 고정 효과는 크지 않으며, 이는 개별적으로 수복한 임플란트에 대한 장기적 관찰 연구에서 확인되었다. 특히, 개별 수복의 경우 연결 고정에 비하여 각 수복물에 기구 접근도가 향상되어 구강 위생관리가 쉽고 측면 및 인접면 접촉 형성에 유리한 장점이 있다. 그러나 개별 수복을 위해서는 각 임플란트가 모두 3차원적으로 최적의 위치에 있어야 하고, 수동적 적합을 위한 인접면 접촉 형성이

Table 1. 임플란트 보철의 연결 고정 혹은 개별 수복에 대한 가이드라인²⁴⁾

임플란트 연결 고정 필요	임플란트 연결 고정 불필요 (개별 수복 가능)
교합 접촉을 이루는 자연치 수가 부족함.	교합 접촉을 이루는 자연치 다수 존재
급한 전방 유도 경사	얕은 전방 유도 경사
비기능적 구내 악습관	정상적인 기능 교합
경사지게 식립된 임플란트	평행하게 잘 식립된 임플란트
악궁 전반에 걸쳐 분포된 임플란트	일렬로 배열된 임플란트
견치를 포함하는 임플란트 보철물	견치를 포함하지 않는 임플란트 보철물
상악 무치악	양측 구치부가 결손된 하악 무치악
보철적 유지 및 지지 형태의 부족	적절한 유지 및 지지 형태 존재

매우 중요하므로, 정밀한 임플란트 수술 및 인상 채득, 오차를 줄이는 기공 과정이 같이 이뤄져야 한다. 향후에는 적절한 전방 유도가 없는 경우, 비기능적 습관이 있는 경우, 그리고 골질이나 골량이 좋지 않아 골이식

을 시행한 경우에서의 연결 고정과 개별 수복의 임상적 결과를 비교하는 장기적 임상 관찰 연구들이 추가되어야 할 것이다.

참 고 문 헌

1. Nyman, S.R. and N.P. Lang, Tooth mobility and the biological rationale for splinting teeth. *Periodontol* 2000, 1994. 4: p. 15-22.
2. Geng, J.P., K.B. Tan, and G.R. Liu, Application of finite element analysis in implant dentistry: a review of the literature. *J Prosthet Dent*, 2001. 85(6): p. 585-98.
3. Brunski, J.B., Biomechanical factors affecting the bone-dental implant interface. *Clin Mater*, 1992. 10(3): p. 153-201.
4. Brunski, J.B., D.A. Puleo, and A. Nanci, Biomaterials and biomechanics of oral and maxillofacial implants: current status and future developments. *Int J Oral Maxillofac Implants*, 2000. 15(1): p. 15-46.
5. Rangert, B.R., R.M. Sullivan, and T.M. Jemt, Load factor control for implants in the posterior partially edentulous segment. *Int J Oral Maxillofac Implants*, 1997. 12(3): p. 360-70.
6. Becker, C.M., D.A. Kaiser, and J.D. Jones, Guidelines for splinting implants. *J Prosthet Dent*, 2000. 84(2): p. 210-4.
7. Guichet, D.L., D. Yoshinobu, and A.A. Caputo, Effect of splinting and interproximal contact tightness on load transfer by implant restorations. *J Prosthet Dent*, 2002. 87(5): p. 528-35.
8. Nissan, J., et al., The effect of crown/implant ratio and crown height space on stress distribution in unsplinted implant supporting restorations. *J Oral Maxillofac Surg*, 2011. 69(7): p. 1934-9.
9. Nissan, J., et al., The effect of splinting implant-supported restorations on stress distribution of different crown-implant ratios and crown height spaces. *J Oral Maxillofac Surg*, 2011. 69(12): p. 2990-4.
10. Tioosi, R., et al., Comparison of the correlation of

참 고 문 헌

- photoelasticity and digital imaging to characterize the load transfer of implant-supported restorations. *J Prosthet Dent*, 2014. 112(2): p. 276-84.
11. Tiozzi, R., et al., Digital image correlation analysis of the load transfer by implant-supported restorations. *J Biomech*, 2011. 44(6): p. 1008-13.
 12. Sang-Hyun Baik, I.-T.J., Sung-Kyun Kim, Jai-Young Koak, Seong-Joo Heo, A three-dimensional finite-element analysis of influence of splinting in mandibular posterior implants. *The Journal of Korean Academy of Prosthodontics*, 2008. 46(2): p. 157-168.
 13. Clelland, N.L., et al., Comparison of strains for splinted and nonsplinted implant prostheses using three-dimensional image correlation. *Int J Oral Maxillofac Implants*, 2010. 25(5): p. 953-9.
 14. Yilmaz, B., J.D. Seidt, and N.L. Clelland, Displacement of screw-retained splinted and nonsplinted restorations into implants with conical internal connections. *Int J Oral Maxillofac Implants*, 2014. 29(6): p. 1289-92.
 15. Yilmaz, B., et al., Comparison of strains for splinted and nonsplinted screw-retained prostheses on short implants. *Int J Oral Maxillofac Implants*, 2011. 26(6): p. 1176-82.
 16. Clelland, N.L., B. Yilmaz, and J.D. Seidt, Three-dimensional image correlation analyses for strains generated by cement and screw-retained implant prostheses. *Clin Implant Dent Relat Res*, 2013. 15(2): p. 271-82.
 17. Yilmaz, B., et al., Strain comparisons for splinted and nonsplinted cement-retained implant crowns. *Int J Prosthodont*, 2013. 26(3): p. 235-8.
 18. Solnit, G.S. and R.L. Schneider, An alternative to splinting multiple implants: use of the ITI system. *J Prosthodont*, 1998. 7(2): p. 114-9.
 19. Simon, R.L., Single implant-supported molar and premolar crowns: a ten-year retrospective clinical report. *J Prosthet Dent*, 2003. 90(6): p. 517-21.
 20. Norton, M.R., Multiple single-tooth implant restorations in the posterior jaws: maintenance of marginal bone levels with reference to the implant-abutment microgap. *Int J Oral Maxillofac Implants*, 2006. 21(5): p. 777-84.
 21. Blanes, R.J., et al., A 10-year prospective study of ITI dental implants placed in the posterior region. II: Influence of the crown-to-implant ratio and different prosthetic treatment modalities on crestal bone loss. *Clin Oral Implants Res*, 2007. 18(6): p. 707-14.
 22. Vigolo, P., et al., Clinical evaluation of marginal bone level change around multiple adjacent implants restored with splinted and nonsplinted restorations: a 10-year randomized controlled trial. *Int J Oral Maxillofac Implants*, 2015. 30(2): p. 411-8.
 23. Lee, J.T., et al., Consecutive unsplinted implant-supported restorations to replace lost multiple adjacent posterior teeth: A 4-year prospective cohort study. *Acta Odontol Scand*, 2015. 73(6): p. 461-6.
 24. Grossmann, Y., I.M. Finger, and M.S. Block, Indications for splinting implant restorations. *J Oral Maxillofac Surg*, 2005. 63(11): p. 1642-52.
 25. Naert, I., et al., Biologic outcome of implant-supported restorations in the treatment of partial edentulism. part I: a longitudinal clinical evaluation. *Clin Oral Implants Res*, 2002. 13(4): p. 381-9.
 26. Naert, I., et al., Biologic outcome of implant-supported restorations in the treatment of partial edentulism. Part 2: a longitudinal radiographic study. *Clin Oral Implants Res*, 2002. 13(4): p. 390-5.