

임플란트 지지 보철물의 교합양식 및 고려사항

¹관악서울대학교치과병원 치과보철과, ²서울대학교 치의학대학원 치과보철학교실
백연화¹, 김명주², 권호범², 임영준^{2*}

ABSTRACT

Occlusal concepts and considerations in implant supported prosthesis

¹Department of Prosthodontics, Seoul National University Gwanak Dental Hospital

²Department of Prosthodontics and Dental Research Institute, School of Dentistry, Seoul National University

Yeon-Wha Baek¹, Myung-Joo Kim², Ho-Beom Kwon², Young-Jun Lim^{2*}

The osseointegrated implants react biomechanically in a different pattern to occlusal force, due to lack of the periodontal ligament unlike the natural teeth. The implants show markedly less movement and limited tactile sensitivity compared with the natural teeth. The implant occlusion concept aims to avoid overloading on the implants and to direct occlusal loads along the longitudinal axis of the implants, in order to compensate for the different biomechanics of the implants. Although many guidelines and theories on implant occlusion have been proposed, few have provided strong supportive evidence. Moreover, the outcome of treatment often quite successful in spite of different concepts of occlusion and there is an increasing tendency to doubt about the strict theoretical implant-specific occlusion concept. The purpose of this article is to review the previous reports about the concept of implant occlusion and discuss clinical occlusal considerations in implant rehabilitations.

Keywords : implant occlusion, implant occlusion concept, implant protected occlusion, settling effect, occlusal guidelines

Corresponding Author
Young-Jun Lim

Department of Prosthodontics and Dental Research Institute, School of Dentistry, Seoul National University, 101, Daehak-ro, Jongno-gu, Seoul, 03080, Republic of Korea

Tel: +82-2-2072-2940, Fax: +82-2-2072-3860, E-mail: limdds@snu.ac.kr

임플란트 도입 이래 그 성공률을 높이기 위해 여러 분야에서 수많은 연구가 행해졌고 그 중 하나로 임플란트 보철물 수복 시 교합 설계에 대한 다양한 관점에서의 지침(guide line)이 제시되었다^{1,2,3}. 이러한 임플란트 교합 양식은 대체적으로 기존 자연치에 대한 교합 양식을 바탕으로 하며 임플란트는 치주인대 조직이 없어 충격에 대한 흡수력과 감각에 대한 피드백 기능이 취약하다는 자연치와의 태생적 차이점을 고려한 것이 가장 큰 특징이다. 자연치는 골과 유사한 탄성계수를 갖고 치주인대로 치근이 둘러싸여 있어 생리적인 동요도가 있으며 수평력에 대해 치근단 1/3 지점을 중심으로 회전하려는 경향이 있는 반면, 임플란트는 골보다 5-10배 높은 탄성계수를 갖고 골 탄성에 의한 움직임 외의 동요도가 없어 수평력에 대한 응력이 골과 접촉하는 최상방에 집중된다⁴. 이러한 자연치와의 차이를 고려하여 소수의 임플란트에 힘 특히 수평력이 집중되지 않도록 하는 것이 기존 문헌에서 제안하는 임플란트 교합설계의 기본 원칙이다.

Misch 등¹은 임플란트 보철물에 가해지는 교합력을 감소시키기 위한 임플란트 보호 교합(implant-protected occlusion)을 제시하였고, Weinberg 등⁵은 치료적 생역학(therapeutic biomechanics)을 고려하여 중심

교합에서의 넓은 자유도(wide freedom in centric), 완만한 교두경사, 좁은 교합면(narrow occlusal table)등을 주장하였다. 이 외에도 여러 선학들의 임플란트에 가해지는 부하를 최소화하기 위한 다양한 각도에서의 고안들이 모여 임플란트 교합의 기본 원칙들이 구축되었다(Table 1).

한편, 일부 연구가들은 임플란트 지지 보철물의 종류에 따른 임플란트 교합에 대한 구체적인 가이드라인들을 제시하였는데 이들은 공통적으로 임플란트가 자연치보다 약한 교합을 담당해야 하는 경우와 임플란트가 자연치와 동일하거나 더 강한 교합을 담당해야 하는 경우로 구분하여 교합을 설계할 것을 제시하고 있다^{2,3}. 이들에 따르면 대부분의 부분 임플란트 보철물에서는 가볍게 물었을 때 자연치보다 낮게 중심교합을 설정해야 하고 편심위 운동은 자연치가 담당해야 한다. 반면 임플란트로만 구치부를 수복하는 경우에는 자연치와 동일하거나 더 강한 교합을 담당해야 하며 이 때 편심위에서 임플란트에 가해지는 교합력은 최대한 분산시켜야 한다는 것이 그 기본원칙이다.

이와 같이 과거 임플란트 도입 초기에는 임플란트와 치아의 부착 기전의 차이가 매우 중요하고 임상 과정에

Table 1. Basic principles of implant occlusion.

<ul style="list-style-type: none"> • Bilateral stability in centric [habitual] occlusion • Evenly distributed occlusal contacts and force • No interference between retruded position and centric [habitual] occlusion • Reduced length of cantilever • Angled abutment for access and/or parallelism • Anterior guidance whenever possible • Wide freedom in centric [habitual] occlusion • Smooth, even, lateral excursive movements without working/non-working interferences • Shallow cusp incline • Narrow occlusal table • Crossbite occlusion whenever possible
--

서도 그 차이점을 주의 깊게 고려해야 한다고 강조되어 왔다. 그러나 임플란트에 대한 연구가 진행되면서 일부 논문들에서는 자연치의 완충성 있는 치주인대부착과 임플란트의 견고한 골융합의 차이가 명확함에도 불구하고 자연치와 임플란트로 수복 치열간의 대부분의 구강 및 저작 기능은 크게 차이가 없었다고 보고하고 있다^{6,7)}. 즉, 발치 후에 교합 및 감각에 영향을 주는 치주인대가 사라지게 되나 이를 구강 내 다른 조직이 교합 및 감각 기능을 대신하게 되며, 이러한 근육, 피부, 치은, 점막, 골막, 턱관절 등의 수용기에서 발생하는 기계적 수용을 ‘osseoperception’이라고 하였다⁸⁾. 또한 Carlsson⁹⁾은 임플란트 치료 경험 및 그 성공률이 증가하면서 자연치와의 태생적 차이가 임상에 미치는 중요성은 미미하거나 무시할만한 것으로 보여지며, 자연치 수복에 적용되던 전통적인 보철 원칙 및 방법이 임플란트에도 대부분 그대로 적용 가능한 것으로 판단된다고 하였다.

최근 임플란트의 표면 및 디자인의 괄목할만한 개선으로 교합 개념과 무관하게 임플란트의 높은 생존률을

경험하게 되면서 일부 임상가들은 과거 이론적인 임플란트 교합 개념에 대해 회의적이거나 중요하지 않게 여길 수 있을 것이라 생각된다. 이러한 시점에서 기존의 임플란트 교합에 대한 내용을 선별하여 되짚어보고 현재 실제 임상에서 고려해야 할 점에 대해 살펴보고자 한다.

1. 임플란트의 중심 교합

임플란트와 자연치 간의 가장 큰 차이는 잘 알려져 있는 대로 치주인대로 둘러싸인 치아는 25-100 μm의 수직적 운동이 가능한 반면 골에 직접 융합되어 있는 임플란트의 이동량은 약 3-5 μm로 알려져 있다^{4, 10)}. 이에 기존 문헌들에서 치주인대가 없는 임플란트를 보호하고 과한 힘이 가해지지 않게 하기 위해 자연치와 차이 나는 수직 이동량을 보상해주어야 한다고 제안하고 있다. 즉 임플란트만으로 치열 전체를 수복하거나 전치부만 남아있는 치열에서 양측 구치부를 모두 임플란트로 수복하는 경우를 제외하고는 최대 감합 시 가볍게 물 때는 임플란트

Table 2. Occlusal guidelines for the major categories of implant-supported prosthesis³⁾.

치열 상태	보철물 종류	교합 접촉		
		최대 감합		편심 운동
		약한 강도	최대 강도	
부분 무치악				
단일치 결손	단일 임플란트	30μm간격	접촉	접촉 없음
후방 자연치 있는 부분 무치악	고정성 보철물	30μm간격	접촉	접촉 없음
편측 유리단 결손				
견치 있을 때	고정성 보철물	30μm간격	접촉	견치유도
견치 없을 때	고정성 보철물	30μm간격	접촉	균기능
양측 유리단 결손	고정성 보철물	접촉	접촉	균기능
전치부 결손	고정성 보철물	30μm간격	30μm간격	전방운동시만 접촉
완전 무치악				
	고정성 보철물	접촉	접촉	상호보호교합 균형교합
	overdenture	접촉	접촉	균형교합

의 교합을 30 μm 정도 낮게 형성하여 대합치와 접촉하지 않게 하고 강하게 물 때만 교합 접촉이 되도록 해야 한다고 제안하였다(Table 2)^{2,3)}.

그러나 임플란트 보철 교합을 자연치보다 낮게 수복 시 저작 능력에 만족하지 못하는 환자들이 있고 최근 임플란트 기술의 발달로 임플란트 주변 변연골의 보존과 상부보철물의 기계적 물성이 향상되어 임플란트 보철의 저작 능력 향상을 위해 보철물의 크기, 형태나 교합 양상을 일반 보철물과 유사하게 제작하는 것이 가능해지고 있어 과거에 비해 저위 교합 수복에 대한 중요성에 대한 인식이 감소하고 있는 추세이다. 또한 실제 임상에서 가벼운 교합과 강한 교합을 구분하여 임플란트 보철에 μm 단위의 clearance를 부여하는 과정이 번거로울 수 있다. 이에 Carlsson⁹⁾은 임플란트 교합 설정 시 가벼운 감합과 강한 감합에서의 교합접촉을 모두 살펴보아야 하는데 가벼운 감합에서 임플란트 보철물의 교합을 낮게 설정하는 것이 중요한 것이 아니라, 가벼운 감합에서 균등하게 동시에 닿는 접촉점이 많도록 설정하고 가벼운 감합에서 강한 감합으로 강하게 물 때 전방이나 측방으로 하악이 이동하지 않고 교합이 유지되도록 설정하는 것이 중요하다고 주장하였다.

특히 최후방 구치의 경우 처음 수복한 보철물의 높이가 시간이 지나면서 때로는 짧은 기간 후에도 보철물 높이가 낮아지는 경우를 드물지 않게 관찰할 수 있어 과거의 개념으로 임플란트 보철물에 저위 교합을 설정해주는 것은 부적절해 보인다. 이러한 구치부 임플란트의 교합이 낮아지는 현상에 대해 실험이 동반된 연구 논문은 찾아보기 어렵고, 수복 시의 오류 즉, 구치부 지지 상실로 인한 턱관절의 위치변화, 폐구근의 과활성, 교합평면의 이상 등으로 인해 왜곡된 교합을 채득했을 가능성과 자연치의 지속적인 이동 및 악골 성장 등으로 인한 수복 후의 교합의 변화 등을 그 원인으로 추측하고 있으나 정확한 원인은 밝혀지지 않은 상태이다. 임플란트 보철물의 교합이 낮아지는 것을 최소화하기 위해서는 수복 시

왜곡된 교합이 아닌 환자의 원래 교합을 채득할 수 있도록 하고, 임시 보철물을 사용해서 교합이 안정된 후 최종 보철물을 제작하는 것이 바람직할 것이다. 경우에 따라서는 환자가 큰 불편을 느끼지 않는 범위에서 교합을 오히려 미세하게 높게 형성한 후 반복적으로 체크하면서 교합을 조정하는 방법도 제시할 수 있다.

2. 임플란트의 편심 교합

임플란트와 자연치의 차이점 중 자연치는 측방력이 가해질 때 즉각적으로 56-108μm를 움직이고 치근단 1/3 지점을 축으로 회전하는¹¹⁾ 반면 임플란트는 측방력이 가해지면 서서히 10-50μm의 범위를 움직이고 임플란트의 회전없이 임플란트 주변골정에 응력이 집중되게 된다⁴⁾. 뿐만 아니라 자연치의 치주인대는 신경생리학수용기능을 가지고 있어 신경말단의 정보에 대해 반사조절을 할 뿐 아니라 중추신경계에 전달하기 때문에 치주인대가 없는 임플란트와는 신경생리학적으로 차이가 있다. 교합간섭인지를 측정한 한 논문에서는 자연치와 임플란트의 인지능력을 각각 20μm과 48μm로 보고하였고¹²⁾, 금속 호일을 이용하여 감각민감도를 측정한 다른 논문에서는 감지 가능한 최소 압력 역치는 임플란트에서 3.2개 자연치에서 2.6개의 호일로 자연치가 더 예민한 감각능을 가지고 있다고 하였다¹³⁾.

이와 같은 임플란트는 자연치와 감각 및 이동량 차이로 인해 측방력에 대한 반응이 다르므로 임플란트 교합 가이드를 살펴보면 편심위에서의 임플란트 접촉은 바람직하지 않고 임플란트로 한쪽 치열궁 전체를 수복 시, 건강한 견치가 있을 때에는 자연치 중 가장 치근이 길고 튼튼한 견치에 의해 가이드되는 견치 유도 교합(canine guided occlusion)을 제안하고 있다. 따라서 치료계획 시 견치의 상태를 고려하여 가능한 한 견치를 유지하는 것이 임플란트에 가해지는 측방력을 감소시킬 수 있고 환자의 인지능도 유지할 수 있을 거라고 추측할 수 있다

임상가를 위한 특집 1

(Fig.1)¹⁴. 견치를 유지하지 못하고 견치까지 임플란트로 수복할 경우에는 임플란트에 힘이 과하게 가해지지 않도록 군기능(group function)의 형태로 수복할 것을 제시하고 있다.

그러나 이러한 임플란트에 교합에 관한 임상실험 연구는 그 수가 매우 적다. 즉, 교합양식이라는 변수에 따른 임플란트 및 자연치의 생존률, 마모도, 치주파괴, 턱 관절의 골변화 등과 같은 임상적 결과의 차이를 명확하게 나타내고 있는 연구가 거의 부재한 상황이다. 어렵게 검색된 임플란트 교합양식에 관한 한 전향적 코호트 연구에서는 56명의 환자에 대해 견치 유도, 군기능, 균형

교합양식을 부여하고 2-3개월 관찰한 결과, 뚜렷한 차이가 없었고 견치 유도의 경우 나사 풀림의 위험요인으로 관찰된다고 보고하였다¹⁵. 임플란트 교합에 관한 한 종설 논문에서는 임플란트 보철에 적용하는 다양한 교합 형태들을 비교한 무작위 추출 비교연구(randomized controlled trial)는 없었으며 특정한 교합개념이 다른 것에 비해 더 좋다는 근거는 없다고 하였다⁹.

이러한 현실에서 술자들은 무리하게 기존 임플란트 교합 이론을 따르는 것보다는 이론을 최대한 고려하여 유연성 있게 각 상황에 맞는 교합을 설정하는 것이 이상적일 것이다. 그러기 위해서는 치료 전 환자의 교합 상태



Fig.1. IARPD(implant assisted removable partial denture) case14) ; The canine was remained for improvement of tactile sensation and decrease of eccentric load on implants.

를 먼저 파악하고 그 교합양식을 크게 벗어나지 않는 범위 내에서 편안하게 환자가 사용할 수 있게 하는 것이 바람직하다. 예를 들어 원래 기능이 좋았던 환자의 부분 무치악 부위를 임플란트로 수복 시 기존 교합 이론대로 임플란트의 측방 교합을 모두 제거했을 때, 남아 있는 자연치, 특히 후방 치아에 과도한 측방압이 가해지지 않는지 체크해보아야 한다(Fig. 2). 특히 상악 최후방 구치의 경우 과도한 측방압이 가해지면 치아의 움직임으로 인해 식편압입이 생기기도 한다. 어떠한 교합 양식으로 수복하더라도 측방 운동 시 후방 치아가 전방치아보다 더 많이 접촉하지 않도록 하는 것이 가해지는 부하 면에서 유리할 것이다⁶⁾.

3. 임플란트의 정착 효과(settling effect)

정착 효과란 임플란트와 지대주의 미세거칠기에 의하여 발생하는 것으로 완전히 평탄하지 않은 가공된 금속 표면이 나사에 가해진 조임 토크나 기능 하중에 의해 금속표면의 미세 거칠기가 평탄해지는 현상이다. 이로 인해 지대주와 임플란트 사이의 거리가 가까워져 침하 현상이 발생하게 되고 나사의 인장력이 감소되면 나사의 풀림이 일어나게 된다¹⁷⁾. Kim 등¹⁸⁾은 다양한 시스템의 임플란트에 지대주를 연결하고 5, 10, 30 Ncm으로 나

사를 조이고 10분 간격으로 수회 30 Ncm으로 반복해서 조이면서 임플란트 고정체와 지대주 연결체의 길이를 측정할 결과 외측 연결(external) 임플란트에서는 4.5 μ m로 가장 작게 감소하였고 나머지 내측 연결(internal) 임플란트에서는 그 종류에 따라 11.9-48.6 μ m에 이르는 감소량이 관찰되었다고 하였다(Fig. 3).

나사 조임 뿐 아니라 반복적인 하중에 의해서도 정착 효과가 발생한다는 것이 여러 연구를 통해 보고되고 있는데 임플란트 고정체에 지대주를 연결 후 250 N의 수직력을 10만회 가한 후 그 길이를 측정할 연구에서 시스템 별로 그 양의 차이는 있으나 모두 침하 현상이 관찰되었으며 전하중 측 제거토크가 감소하였다고 보고하였다¹⁹⁾. 비슷한 다른 연구에서는 다양한 시스템의 임플란트 고정체-지대주 연결체에 10에서 100만회에 이르기까지 단계별로 수직력을 가한 후 수직변화량을 측정하고 선형복합모델로 분석한 결과 모든 샘플에서 수직 길이가 감소하였으나 일정 회수의 부하 후에는 거의 변화가 없이 일정하게 유지되었다. 시스템마다 그 부하 회수에는 차이가 있었으나 최대 10만회 후에는 안정적인 길이를 나타내었다고 보고하며 약 1달 정도 보철물 사용 후 재토크를 가할 것을 제안하였다²⁰⁾. 이 같은 연구 결과들에 따르면, 정착 효과에 의한 침하현상을 고려하지 않고 임플란트 보철 수복 시 임플란트의 교합은 수십 μ m에 이



Fig. 2. Black marks : centric contacts, red marks : eccentric contacts; (a) eccentric contacts on implant prostheses(arrow) (b) increase of eccentric contacts on the most posterior tooth(arrow) after removal of eccentric contacts on implant prostheses (C) removal of eccentric contacts on the most posterior tooth.

임상가를 위한 특집 1

르기까지 낮아질 수 있음을 예상할 수 있고 실제로 임상에서 흔하게 관찰할 수 있다. 특히, 양측 무치악 구치부를 임플란트로 수복 시 임플란트 보철물의 교합이 자연치보다 낮은 경우 남아있는 전치부에 무리한 교합력을 가하게 되고 전치부의 앞으로 벌어짐(flaring)으로 이어질 수도 있다. 이에, 임플란트 교합 가이드에서는 양측 구치부를 임플란트로 수복 시 최대감합에서는 전치부가 닿지 않도록 하거나 하악 전치부가 정출되지 않을 정도의 접촉만 하고 전방운동 시 가이드역할만 하도록 수복할 것을 제안하고 있다^{2,3}). 따라서, 특히 내측 연결(internal) 임플란트로 수복하는 경우 임플란트의 침하현상을 고려하여 미리 충분한 정착 효과가 일어날 수 있도록, 지대주를 구강에 연결하고 처음 토크를 가하고 나서, 임시 보철물을 일정 기간 사용 후 재토크를 가한 후에 지대주 수준의 인상을 채득하여 최종 보철물을 제작하는 것이 바람직하겠다. 또한 이러한 과정은 고정체 인상채득을 통해 지대주를 기공실에서 연결하여 작업 시 실제 구강 내에서 지대주를 연결하고 토크를 가할 때 발생하는 침하량

과 오차가 발생할 수 있으므로 정확한 passive fit 보철물 제작을 위해서도 추천된다¹⁸⁾.

4. 임플란트 보철물의 유지 관리

교합력이 가해질 때 치아는 움직이는 반면 임플란트는 움직이지 않기 때문에 Misch²¹⁾는 강한 교합 시 임플란트와 자연치의 움직임의 차이를 제거하는 교합 조정을 통해 임플란트와 치아 간 하중을 균등하게 분배할 수 있다고 하였다. 이러한 임플란트와 치아의 즉각적인 동요도 차이 이외에도 시간이 지나면서 자연치는 마모 및 근심 이동 등으로 인해 수직적, 수평적으로 이동하고 임플란트는 그 위치가 변하지 않기 때문에 임플란트 수복 당시 설계 해놓은 교합의 균형이 깨지기 쉽다. Weinberg 등²²⁾은 자연치는 장기간에 걸쳐 함입되기 때문에 임플란트에 과도한 교합력이 가해질 수 있으며 주기적인 교합조정을 통해 지지하는 골에 하중을 바람직하게 분산시켜야 한다고 하였다(Fig. 4).

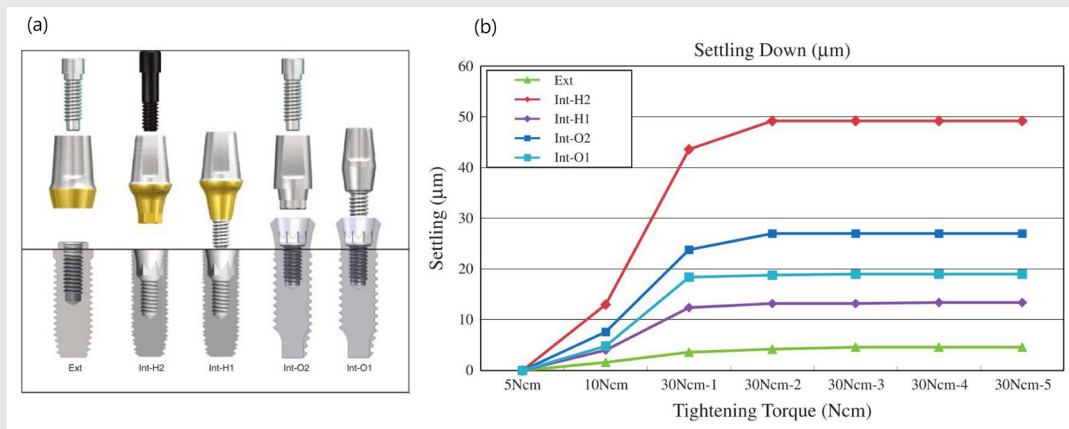


Fig.3. Settling effect : (a) five groups of implant-abutment assemblies, (b) Settling down values of abutments into implants at different torques(µm)¹⁸⁾.

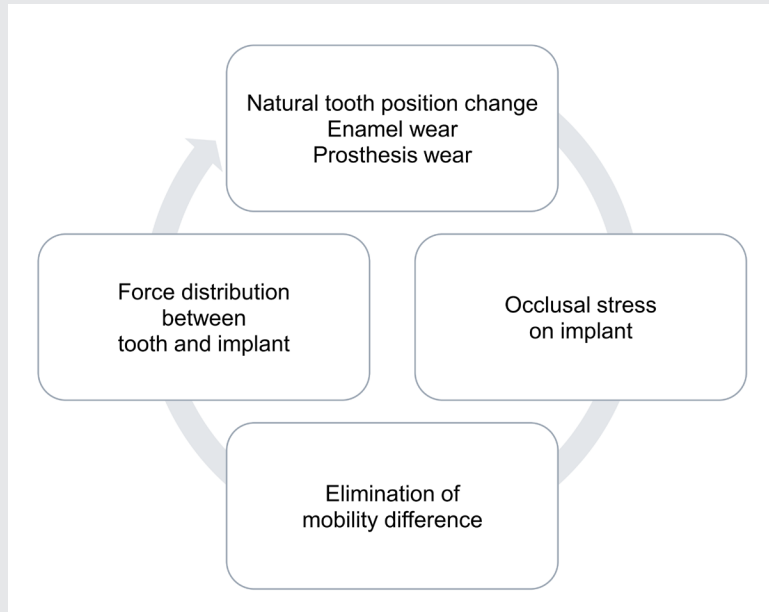


Fig. 4. Serial and gradient occlusal adjustment.

그러나 실질적으로는 시간이 지남에 따라 특히 후방 구치부 임플란트 수복물의 경우 자연치보다 교합이 낮아져있는 경우 또한 많이 관찰된다. 이러한 경우 남아있는 자연치에 과도한 교합력이 가해지고 이는 자연치의 조기 상실로까지 이어지기도 하므로 자연치와 임플란트 간의 교합 관계를 정기적으로 평가 및 조정하여 안정된 교합을 유지하여야 할 것이다.

임플란트 교합에 관한 많은 이론과 가이드라인이 제시되었지만 이를 뒷받침할 수 있는 연구들은 부족하며 연구 설계가 허술하거나 모호한 결과를 제시하는 연구들이 대부분이다. 또한 임플란트의 표면 및 디자인이 개선되고 임플란트 성공률이 축적되면서 임플란트에 대해 자연치와 다른 교합양식의 필요성에 대한 인식 또한 점점 약해지는 추세이다. 따라서 좋은 예후를 위해서는 우

선 근거에 기반한 임플란트의 수나 하중 시기 등을 고려하여 수복하는 것이 선행되어야 하고 특정 교합양식을 재현하는 데에 치중할 것이 아니라 환자의 구강 상태 및 기존 교합 양식을 고려한 교합 설계가 바람직하겠다. 아울러 앞으로 임플란트 교합양식에 관한 정교하게 설계된 무작위추출 대조 연구들이 충분히 이루어져야 할 것이다.

참고 문헌

1. Misch CE, Bides MW. Implant-protected occlusion. *Int J Dent Symp* 1994;2(1):32-37.
2. Kim Y, Oh T, Misch C, Wang H. Occlusal considerations in implant therapy: clinical guidelines with biomechanical rationale.
3. Rilo B, da Silva JL, Mora MJ, Santana U. Guidelines for occlusion strategy in implant-borne prostheses. A review. *Int Dent J* 2008;58(3):139-145.
4. Sekine H, Komiyama Y, Hotta H. Mobility characteristics and tactile sensitivity of osseointegrated fixturesupporting systems. In van Steenberghe D, editor: *Tissue integration in oral maxillofacial reconstruction*, Amsterdam, 1986. *Excerpta Medica* 1986:326-332.
5. Weinberg LA. Reduction of implant loading with therapeutic biomechanics. *Implant dentistry* 1998;7(4):277-285.
6. Falk H. On occlusal forces in dentitions with implant-supported fixed cantilever prostheses. *Swed Dent J Suppl* 1990;69:1-40.
7. Lundgren D, Laurell L, Falk H, Bergendal T. Occlusal force pattern during mastication in dentitions with mandibular fixed partial dentures supported on osseointegrated implants. *J Prosthet Dent* 1987;58(2):197-203.
8. Klineberg I, Murray G. Osseoperception: sensory function and proprioception. *Advances in dental research* 1999;13(1):120-129.
9. Carlsson GE. Dental occlusion: modern concepts and their application in implant prosthodontics. *Odontology* 2009;97(1):8-17.
10. Schulte W. Implants and the periodontium. *International dental journal* 1995;45(1):16-26.
11. Parfitt GJ. Measurement of the physiological mobility of individual teeth in an axial direction. *Journal of Dental Research* 1960;39(3):608-618.
12. Jacobs R, van Steenberghe D. Comparison between implant-supported prostheses and teeth regarding passive threshold level. *International Journal of Oral & Maxillofacial Implants* 1993;8(5).
13. Mericske-Stem R, Assal P, Mericske E, Bürgin W. Occlusal force and oral tactile sensibility measured in partially edentulous patients with ITI implants. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1995;10(3):345-353.
14. Baek Y-W, Lim Y-J, Lee J-H, Ryu H-S. Restoration of a partially edentulous patient with an implant-supported removable partial denture: A case report. *Quintessence International* 2014;45(4).
15. Wie H. Registration of localization, occlusion and occluding materials for failing screw joints in the Brånemark implant system. *Clinical oral implants research* 1995;6(1):47-53.
16. Lundgren D, Laurell L. Biomechanical aspects of fixed bridgework supported by natural teeth and endosseous implants. *Periodontology* 2000 1994;4(1):23-40.
17. Jörnérus L, Jemt T, Carlsson L. Loads and designs of screw joints for single crowns supported by osseointegrated implants. *The International journal of oral & maxillofacial implants* 1992;7(3):353-359.
18. Kim K, Lim Y, Kim M, Kwon H, Yang J, Lee J, Yim S. Variation in the total lengths of abutment/implant assemblies generated with a function of applied tightening torque in external and internal implant-abutment connection. *Clinical oral implants research* 2011;22(8):834.
19. Kim KS, Han JS, Lim YJ. Settling of abutments into implants and changes in removal torque in five different implant-abutment connections. Part 1: Cyclic loading. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2014;29(5):1079-1084.
20. Seol H-W, Heo S-J, Koak J-Y, Kim S-K, Kim S-K. Axial displacement of external and internal implant-abutment connection evaluated by linear mixed model analysis. *International Journal of Oral & Maxillofacial Implants* 2015;30(6).
21. Misch C. Occlusal considerations for implant supported prostheses. *Contemporary implant dentistry* 1999:609-628.
22. Weinberg LA. Therapeutic biomechanics concepts and clinical procedures to reduce implant loading. Part II: Therapeutic differential loading. *Journal of Oral Implantology* 2001;27(6):302-310.