

임프란트의 합병증과 처치

홍지연*, 채경준*, 정의원*, 김창성*, 조규성*, 채중규*, 김종관*, 최성호*

*연세대학교 치과대학 치주과학교실, 치주 조직 재생 연구소

Implant-related complications and treatment of the ailing implants

Ji-Youn Hong*, Gyung-Joon Chae*, Ui-Won Jung*, Chang-Sung Kim*, Kyoo-Sung Cho*, Jung-Kiu Chai*, Chong-Kwan Kim*, Seong-Ho Choi*

*Department of Periodontology, Research Institute of Periodontal Regeneration, College of Dentistry, Yonsei University, Seoul, Korea

Abstract

Despite the long-term predictability of endosseous dental implants, some complications do occur including surgical, biologic, mechanical(or technical) and esthetic aspects. To deal with these problems, assessments in clinical states as well as radiographic findings are important. These case reports are to show the complications occurred in the follow-up period of functionally loaded implants and to find out the treatments of the ailing implants.

Both of the case reports showed mechanical(or technical) complications like screw loosening with peri-implant crestal bone loss and some aspects of peri-implantitis which is one of the biologic complications. Mechanical complication, the most common aspect, is known to be largely related to the stress factor. Occlusal overload might cause mechanical problems such as screw loosening, fractures of the screw, fixture body or the prosthetic components. In addition, strain and the bending moment concentrated mainly at the crestal area might cause the initial crestal bone resorption(saucerization) and the late stage bone loss together with peri-implantitis.

Treatments of the complications include minimizing occlusal overload, using systemic antibacterial therapy or the chlorhexidin, and the surgical access when the implants are thought to be amendable. Minimizing occlusal overload and distributing the stress can be accomplished by increasing the number, length and the diameter of the implant, tripod positioning of the implants, selecting the implant design which maximizes the surface area and analyzing the occlusion of the patient.

In the case reports, many factors were seemed to be related to the complications of the functionally loaded implants. To treat and furthermore, to prevent the complications, treatment plans should be made under the considerations of these factors.

I 서론

골내 임프란트 식립술은 장기적 평가에서 예지성 높은 치료로 인정 받으며 시술 또한 크게 증가하고 있다. 그러나, 임프란트의 성공(success) 기준은 매우 복잡하며, 많은 논문에서 생존(survival)과 그 의미를 혼용하여 사용하기도 한다. 골유착이 일어난 임프란트에서 1986년 Albrektson 등¹⁾ 및 1990년 Buser 등²⁾에 의해 제시된 기준은 오늘날 많이 인용되고 있지만, 시술의 증가와 함께 부각되기 시작한 임프란트 관련 합병증은 임프란트 성공의 질적 평가를 요하게 한다. 질적 성공은 임상적 척도에 근거하며 수명, 동통, 동요도, 타진, 치조정의 변연골 상실, 방사선적 평가, 각화 조직, 탐침 깊이, 출혈 지수, 임프란트 주위 질환 등이 포함된다. 처음 James 에 의해 제안된 다섯 단계의 임프란트 건강척도는 Misch에 의해 수정되어 임프란트 질적 평가(Implant Quality Scale)가 확립되었고, 이러한 James-Misch 척도는 각 단계(Group I-V)에 따른 처치 방법 또한 제시하였다³⁾. 임프란트 실패와 관련하여 ailing implant(골 흡수와 함께 치주낭이 형성되었으나 3~4개월의 유지 기간에 골 흡수가 정지된 만성적 양상) 혹은 failing implant(골 흡수, 치주낭, 탐침 시 출혈, 농양, 동요도 및 지속적인 골 흡수의 양상)라는 구분을 두는 것도 질적 평가를 통한 처치 방법 모색의 일환이라 할 수 있을 것이다.

임프란트와 관련한 합병증은 크게 외과적(surgical) 술식 과정에서의 합병증, 기계적 합병증(technical or mechanical complication), 생물학적 합병증(biologic complication), 심미적 합병증 등으로 나눌 수 있다. 일반적으로 기계적 합병증이 빈번하게 일어나는데, 5년 후 평가에서 Pjetursson 등⁴⁾은 도재의 파절(13.2%), 나

사 지지 보철물의 상실(8.2%), 지대주 나사의 풀림(5.8%), 지대주 나사의 파절(1.5%) 순으로 문제점이 발생하며, 드물게 임프란트의 파절(0.4%)도 발생한다고 하였다. 특히, 단일 치아 수복에서는 지대주 혹은 보철물 나사 풀림이 가장 빈번하게 나타나는 합병증이며, 그 외 임프란트 주위염이나 연조직 병소를 포함하는 생물학적 합병증이 8.6% 정도의 비율로 나타날 수 있다고 하였다.

임프란트의 실패를 야기하는 요소 중 과도한 응력과 세균 축적에 의한 감염이 큰 비중을 차지하는데, 일반적으로 과도한 응력은 치조정의 변연골 상실 및 위에서 언급한 기계적 합병증을 초래한다. 초기에 나타나는 치조정의 변연골 상실은 성공적으로 골 유착된 임프란트에서 나타나는 미약한 경계부 골의 흡수에서부터 임프란트의 완전한 실패까지 포함하는 광범위한 정의로 “saucerization” 이라고도 하는데, 일반적으로 시술 후 1년이 지나면 급격히 감소하며⁵⁻⁶⁾, Adell 등⁵⁾은치유및기능적부하 1년 이내에 임프란트의 첫번째 나사선에서 평균 1.2mm 가량의 변연골 흡수를 보고하였고, 그 후에는 매년 0.1mm 정도로 나타난다고 하였다. 정확한 발생 기전은 아직 논란의 여지가 있으며, 응력 요인(occlusal overload)⁷⁻¹³⁾외에 임프란트 주위염(peri-implantitis)¹⁴⁻¹⁹⁾, 지대주와 임프란트 사이의 미세공극(microgap) 위치²⁰⁻²³⁾, 생물학적 폭경의 재형성^{24,25)}, 치조정에서의 임프란트 형태(implant crest module) 등도 가능성으로 제시되나, 정상 범주를 넘어선 골 상실이 진행될 경우 보철물의 과도한 응력을 의심해 볼 수 있을 것이다. 또한 이러한 힘의 요소는 세균에 의한 임프란트 주위염 등의 생물학적 합병증과 함께 후기의 이차적 골 흡수에 복합적으로 작용한다^{10,11,26,27)}. 응력 요소에 의한 나사 풀림은 단일 치아 임프란트의 가장 흔한 합병증으로 3년 내에 65% 정도에서 나타난다고 보고되었는데, 특히 2-stage external hex system에서 특징적으로

나타나고 있다^{28,29}). 나사 접합부의 안정도는 나사를 묶어두는 힘(clamping forces)이 접합 분리 힘(joint separating forces)보다 크게 나타날 때 이루어지는데, 적절한 전하중(pre-load), 접합 부위의 정밀한 접합과 임플란트-지대주 계면에서의 회전에 저항하는 특징적 구조들(anti-rotational characteristics)이 관여하게 된다. 외부 육각체 구조는 나사 접합부 이탈을 방지하는 힘이 전하중에 전적으로 의존하기 때문에 기능 중 진동이나 미세 운동과정에서 나사 풀림이 쉽게 일어날 수 있으며, 풀림과 조임이 반복되어 금속의 피로가 증가되면 파절이 일어나게 된다³⁰).

이에 본 증례 보고에서는 보철 수복이 완료된 후 기능하고 있는 임플란트에서 나타난 합병증을 통해 그 양상, 원인 및 처치 방안을 알아보려고 한다.

II 증례발표

CASE I

2006년 6월, 46세 남자 환자가 하악 좌측 제1대구치



Fig. 1. 구강 내 초진 임상사진 (좌)하악 우측부 (우)하악 좌측부

(I₃₆) 및 하악 우측 제1대구치(I₄₆) 부위의 임플란트가 흔들린다는 주소로 연세대학교 치과대학병원 치주과에 의뢰되었다. 내원 당시 I₃₆, I₄₆ 임플란트 상부 보철물의 나사 풀림에 의한 심한 동요도가 나타났으며, 해당 부위의 불량한 구강 위생으로 치태 축적, 임플란트 주위 조직의 발적 및 부종이 관찰되었다. 해당 임플란트 주위 조직의 탐침 깊이는 6~9mm 가량으로 나타났으며, 부착치은은 거의 없는 상태였다(Fig. 1).

초진 방사선 사진 상에서 임플란트 주위의 골 소실이 환상형으로 임플란트의 첫번째 나사선을 지나 하방으로 진행되어 있는 것을 관찰할 수 있었다. 좌·우측 모두 제2대구치는 수복하지 않았으며, external type의 단일 임플란트가 최후방에 위치하고 있었다(Fig. 2).

보철물의 나사를 제거했을 때, 임플란트와 지대주 연결 계면 및 나사 접합부 하방으로 치태와 염증성 육아조직이 관찰되었다(Fig. 3).

임플란트의 동요도 확인과 임플란트 주위염에 대한 처치를 위하여 외과적 판막 거상을 진행하였다. 판막 거상 시 임플란트 몸체의 동요도는 없었으나 나사선 3개 하방으로 분화구 형태의 골소실이 관찰되었다. 티타늄 큐렛(Titanium curette)을 이용하여 염증조직을 제거하고 테트라사이클린(Tetracycline) 용액을 적신 솜



Fig. 2. 초진 방사선 사진 (파노라마)

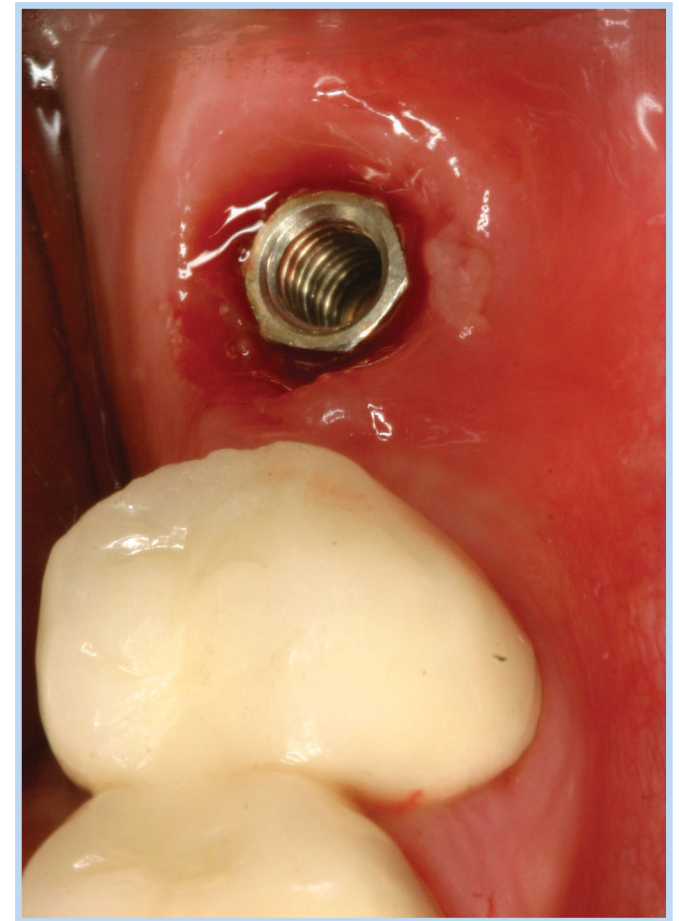


Fig. 3. 상부의 보철물을 제거 한 후 임상사진

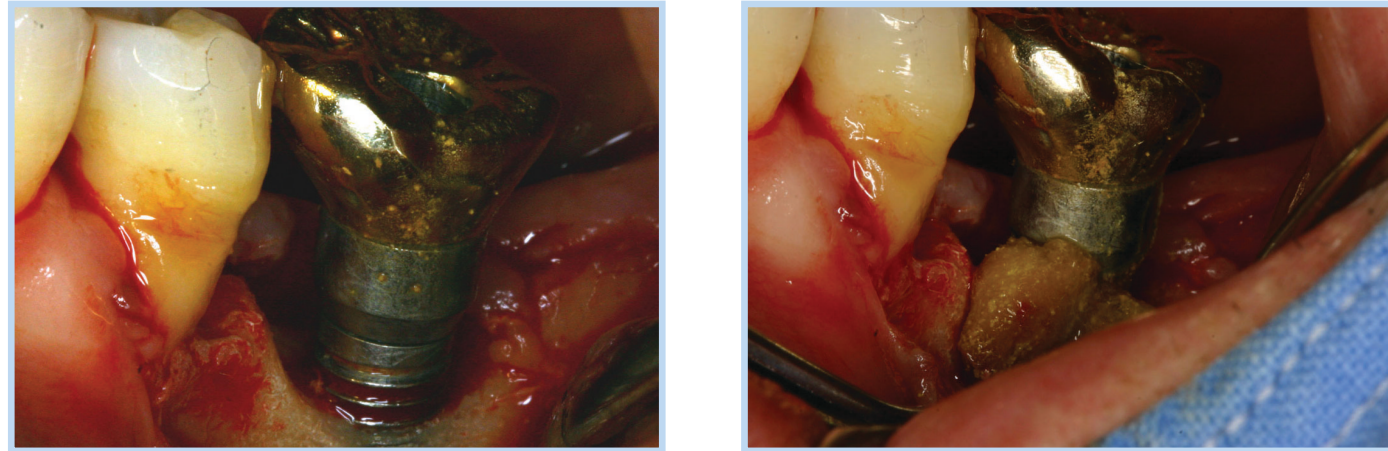


Fig. 4. 술 중 임상 사진 (좌)임플란트 주위의 골 소실 (우)테트라하이드로퓨란을 이용한 임플란트 표면 처리

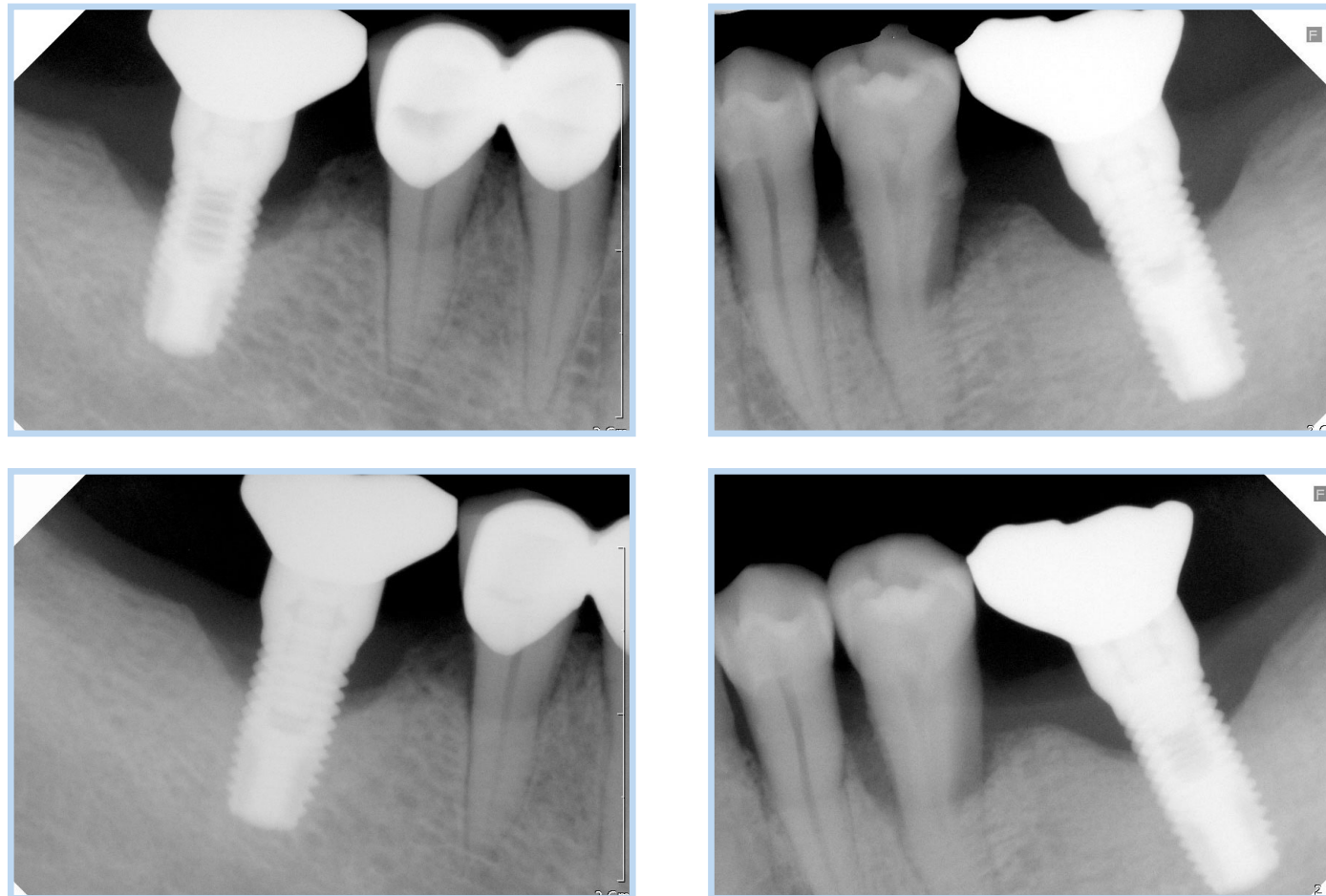


Fig. 5. 술 전과 3개월 후 치근단 방사선 사진 비교 (상)술 전 (하)술 후 3개월

(cotton pellet)으로 임플란트 표면 처리 후 클로로헥시딘(chlorhexidine) 세척을 통해 기계적, 화학적인 오염 제거(detoxification)를 시행하였다(Fig. 4). 3개월 후의 방사선 사진에서 골 소실이 더 진행되지는 않은 양상이었으나, 여전히 지대주의 나사풀림을 보였으며(Fig. 5), 임플란트 주위의 부족한 각화치은 및 불량한 구강위생 상태로 주위조직의 발적 상태를 관찰할 수 있었다.

CASE II

2006년 7월, 56세 여환이 양측 상악 구치부의 임플란트 주위가 붓고 아프며 피가 자주 난다는 주소로 연세대학교 치과병원 치주과에 내원하였다. 내원 당시 상악 좌측 구치부 I₂₆, I₂₈의 보철물이 나사 풀림에 의해 동요도를 보이고 있었으며, 탐침 깊이는 6~8mm 정도로 임플란트 주위는 구강 위생 관리가 제대로 시행되지 못하고 있었다. 상악 우측 #17 치아는 3도 가량의 심한 동요도를



Fig. 6. 초진 방사선 사진 (파노라마)

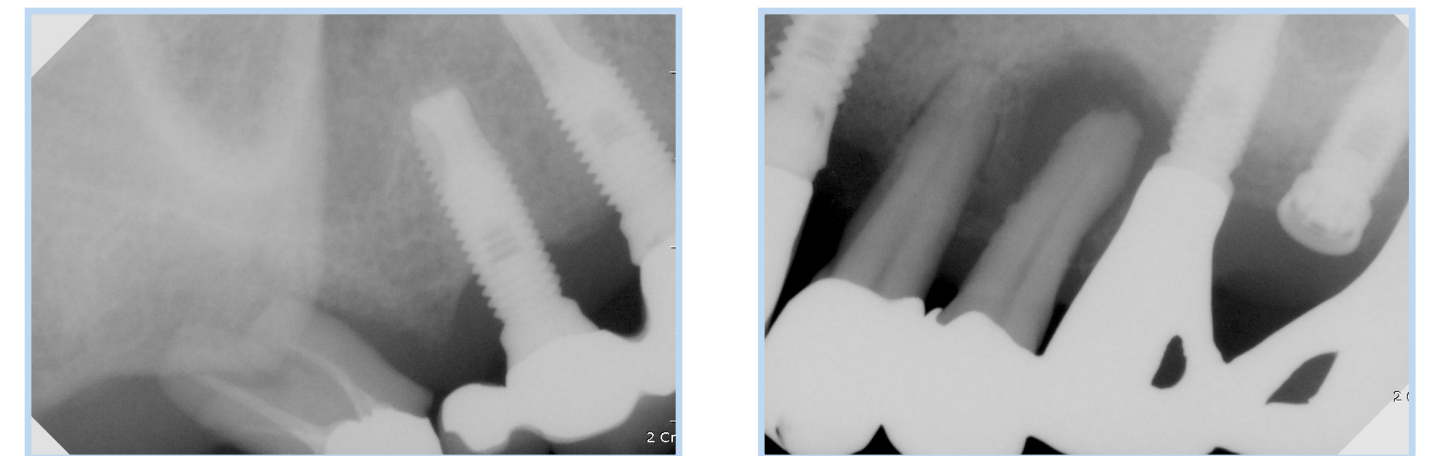


Fig. 7. 초진 방사선 사진 (치근단 방사선 사진)

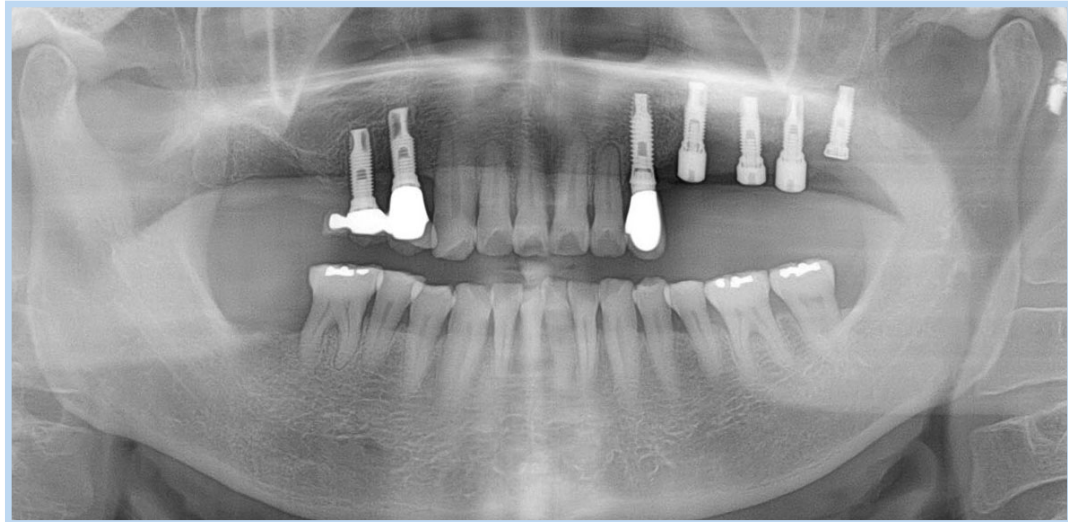


Fig. 8. I²⁴ 식립 후의 방사선 사진(파노라마)

보였으며, #24, 25 치아 역시 9mm 가량의 치주낭과 동요도를 나타내었다. 초진 방사선 사진에서 #17, 24, 25는 치근침 부위까지 병소가 진행된 예후가 불량한 상태였으며, 상악 우측 I₁₄, I₁₅의 치관 후방에는 칸틸레버로 치관이 연장되어 있고, 이에 인접한 I₁₅ 주위로 첫번째 나사선을 지나 하방으로 진행된 골소실을 관찰할 수 있었다. 나사풀림이 나타난 좌측 상악의 I₂₆, I₂₈ 부위는 불량한 치관-치근 비율(crown-to-root ratio)을 보였으며 역시 임플란트 몸체 주위로 심화된 골소실을 보이고 있었다(Fig. 6, 7).

이에, 치주적으로 유지 사용이 어려운 #17, 24, 25의 발치를 시행하고 약 3개월 후 #24 부위에 임플란트를 식립하였으며, 후에 I₂₃, I₂₄, I₂₆을 연결하여 보철을 제작하고, 구강 위생이 잘 이뤄지지 않으며 치열에서 깊은 후방부에 위치하며 골소실이 크게 나타났던 I₂₈은 보철물 제작에서 제외하기로 하였다(Fig. 8).

III. 총괄 및 고찰

골 유착이 일어난 임플란트에 대하여 1986년 Albrektson 등²⁾ 및 1990년 Buser 등³⁾은 임플란트의 성공기준을 기술하였으며, 이는 현재까지 많이 인용되고 있다. 그러나, 장기간의 사용 중 임플란트에서 나타나는 문제점들은 임플란트의 단순한 생존이 아닌 기능상의 평가 및 성공의 질적 평가를 요한다. 임상적 척도에 근거한 James-Misch의 임플란트 질적 평가(Implant Quality Scale), 실패의 개념에서 ailing, failing의 구분은 임플란트의 질적 상태를 통해 향후 필요한 처치를 모색하기 위한 일환이라 할 수 있을 것이다³⁾.

James-Misch 임플란트 질적 평가³⁾는 크게 5가지의 군으로 나뉜다. Group I-Ⅱ는 최적에서 비교적 만족스러운 건강 상태를 의미하는데 타진, 촉진, 기능 시 동통, 동요도가 없고, 2차 수술 이후 치조정 변연골 상실

이 3mm이내(Group I-1.5mm 이내, Group II-1.5~3mm)이며, 일시적으로 삼출물을 동반한 4mm이상의 열구 깊이가 발생할 수 있으나(Group II) 보철물의 부하 감소, 위생 관리 및 일부 치은성형술을 통해 교정할 수 있는 범주이다. Group Ⅲ는 위태로운 건강 상태로 큰 임상적 증상은 없으나 약간의 압통이 가능하며, 초기의 견고한 고정기 보철물 장착 후 0~0.5mm 정도로 나타날 수 있고 첫 일년 후 골흡수가 3mm 이상(총 임플란트-골 접촉양의 50% 미만), 5mm 이상의 탐침 깊이와 출혈 및 삼출물이 동반될 수 있다. 이에 부하의 감소, 항생제 처치, chlorhexidine 사용 및 수술적 접근과 경우에 따라 보철물, 임플란트의 교환을 요할 수 있다. Group IV는 임상적 실패로 해당 조건 중 하나 이상 존재할 경우이다. 촉진, 타진, 기증 중 동통이 가능하며, 0.5mm 이상의 수평적 동요도 및 수직적 동요도를 동반하는 경우도 있고, 임플란트 지지골이 50% 이상 상실된 조절 되지 않는 진행성 골흡수를 보이며, 전반적인 임플란트 주위 방사선 투과상과 조절되지 않는 삼출물을 보인다. Group V는 확실한 실패로 수술적으로 제거되거나 탈락된 임플란트가 해당되며, Group IV-V인 경우 대개 임플란트의 제거를 요한다.

임플란트의 합병증에서 가장 많은 부분을 차지하는 기계적 합병증(technical or mechanical complications)은 주로 응력 요소와 연관이 있다. 티타늄 임플란트와 골의 접촉 부위 같이 다른 탄성계수(stiffness)를 갖는 물질의 접촉에 힘을 가하면 응력은 계면에 집중되는데 특히, 초기 접합점인 치조정에서 V자 혹은 U자의 형태로 나타나는 것이 유한요소법에 의해 확인되었으며¹²⁾, Rangert 등⁸⁾은 임플란트에 작용하는 교합력이 굴곡(bending moment)으로 가해져 치조정 부위에 응력을 집중시키는 요인이 된다고 하였다.

기능적 부하에 따라 골의 강도가 증가하지만, 그 밀도가 아직 충분치 않은 하중 첫 해는 치조정 부위가 병적 과

부하 구역으로 흡수가 일어나고 이후 밀도의 증가와 함께 흡수는 중지된다. 특히, 임플란트 몸체의 첫번째 나사선은 인장력을 압축력으로 전환시켜 주는 역할을 하여 골 흡수에 저항하지만, 구치부에서 1개나 2개의 임플란트 몸체에 지지되는 보철물, 일직선으로 배열된 임플란트, 저작의 장축에서 심하게 벗어난 임플란트, 높은 치관/임플란트 비율, 과도한 칸틸레버 길이, 임플란트 상부와 교합면의 차이, 그리고 구강 악습관과 같은 굴곡 과부하를 증가시키는 요인이 작용하는 경우 인장력에 약한 치조정의 피질골은 골의 항상성을 넘는 범주로 작용하여 골의 흡수를 초래한다⁷⁻¹⁴⁾.

또한, 과도한 응력은 지대주의 나사 풀림을 초래하는데, 구치부 단일 치아 임플란트에서 3년 내에 65%나 일어나며, external hex 형태의 나사 접합부를 갖는 경우 더 두드러지게 나타난다. 나사 접합부의 안정성은 적절한 전하중(preload), 임플란트 접합부에서의 정밀한 적합도, 임플란트와 지대주 계면에서의 회전 저항 구조(anti-rotational characteristics)에 의한다³¹⁾. “Slip-joint” 형태의 외부 육각 구조는 임플란트와 지대주가 원뿔(cone-screw connection)형태로 접합되는 internal type과 비교하여 마찰력과 같은 물리력이 없이 오직 나사 접합의 전하중에 의존하게 되므로 기능 시 진동과 미세 움직임이 일어날 경우 나사 풀림이 훨씬 높게 나타난다. 전하중에 영향을 미치는 요소에는 토크 크기, 나사 머리 디자인, 나사산의 디자인과 수, 금속 조성, 표면 상태 및 나사직경이 있다. 전하중의 크기는 조임력과 직접적인 관련이 있으며, 나사 내부에 변형(strain)을 야기하여 접합부에 안전 밸브를 제공하는 기전으로 영구 변형을 일으키는 수치의 75% 토크를 일정하게 가하는 것이 추천된다. 문헌상 재료와 나사 디자인에 따라 최적 값은 12.4~83.3N/cm으로 차이가 있지만 일반적으로 토크 렌치를 통한 25~35N/cm 정도의 조절이 필요하다. 반복적인 풀림과 조임을 통한 전하중의

누적과 과도한 교합 응력에 의해 나사의 항복 강도를 초과할 경우 축 부하와 구부러짐으로 소성변형이 일어나 나사는 변형되기 시작하며, 금속의 피로가 누적될 경우 파절을 일으킬 수도 있다. 잘 맞지 않는 상부 구조, 부분적으로 장착된 수복물이나 임플란트 계면에 가해진 과부하 역시 나사 풀림이나 파절을 야기할 수 있다. 또한, 잘 적합되지 않는 나사를 조이면서 상부 구조의 변형을 야기하여 골과 임플란트 계면에 압축, 인장, 전단력 등을 가하면서 치조정의 변연골 상실을 초래할 수 있으므로 정밀한 보철물 제작이 필요하다.

임플란트 주위염과 같은 생물학적 합병증과 관련하여 Quirynen and van Steenberghe²⁰⁾나 Persson 등²¹⁾은 임플란트나 보철물 나사의 내면에서 유의한 미생물양의 증가가 있으며 구균(cocccoid ; 86.2%), 비운동성 간균(nonmotile rods ; 12.3%)이 주로 존재하였다고 보고하였고, Mombelli³²⁾ 등은 치조골의 수직적 골상실을 동반하는 염증반응이 특징적인 특정부위에 국한된 감염(site-specific infection)으로 열구의 깊이가 증가함에 따라(6mm 이상) 나선형균(spirochetes), 운동성 간균(motile rods), 그람 음성 혐기성세균 등이 증가한다고 하였다. 특히, 임플란트 디자인 상에서 임플란트와 지대주 사이의 미세공극(microgap)이 치조정이나 그 하방에 위치하는 external type의 경우 응력에 의한 지속적인 나사풀림과 함께 미세공극에서의 오염이 복합적으로 작용하여 치조정의 이차적인 골 흡수를 야기할 수 있다⁷⁾. 실제, Miyata 등²⁶⁾, Isidor 등^{27,28)}은 염증을 유발한 임플란트에 교합과 부하를 가한 연구에서 두 요소가 복합적으로 임플란트 주위골 상실을 유발할 수 있음을 시사하였다.

임상적, 방사선학적 검사에서 본 증례들은 임플란트의 질적 평가를 고려하였을 때, James-Misch의 Group III 정도의 범주에 포함될 수 있을 것이다. 우선 응력 요소의 측면에서 첫 번째 증례의 경우 최후방에 존재하는

단일 임플란트 수복으로 external type의 임플란트-지대주 계면을 형성하고 있으며, 두 번째 증례의 경우 원심으로 연장된 칸틸레버, 긴 치관/임플란트 비율(수직 칸틸레버), 임플란트 수와 상부의 길이에 비해 길게 형성된 교합면 등 응력 분산에 불리한 물리적 한계점을 가지고 있다. 이에 부하의 감소를 고려해야 하는데, 교합력이 가해질 경우 응력의 분산은 임플란트와 골의 접촉면에서 우선 이뤄지기 때문에 과도한 응력이 예상되는 경우 임플란트 수의 증가, 삼각지지(tripod effect)의 지대주 위치 설정, 임플란트 길이 및 두께를 통한 크기의 증가, 표면적을 최대화 하는 임플란트 디자인, 환자의 교합 요소 분석 및 부조화 제거 등을 포함한 치료계획이 필요하다. 즉, 필요에 따라 임플란트의 수를 추가하거나, 기능적으로 불량한 위치에 있는 임플란트를 전략적으로 제외(sleeper)시킬 수 있다. 또한, 치관/임플란트의 비율을 줄이기 위해 수술적으로는 수직적 치조골 증대술로 접근할 수도 있을 것이다.

생물학적 합병증의 처치에 관하여 임플란트 주위 pocket 내부의 세균들 제거, 임플란트 표면의 기계적, 화학적 처치(conditioning and detoxification), 구강 위생술식으로 청결이 유지될 수 없는 부위의 외과적 제거, 전신적 항생제 요법, 여러 재생적 처치(regenerative therapy)와 재발방지를 위한 구강위생 능력 확립하는 방향으로 접근할 수 있다. 두 증례 모두 비교적 깊이 나타난 치주낭(6mm 이상)에 비하여 동요도는 나타나지 않고 있는데, 골의 결손 양상은 재생을 유발하기는 어려운 형태로써 치주낭을 제거시켜 구강위생을 증진시킬 수 있는 삭제형 골술식이 바람직하다고 사료되며, 골 높이 감소에 대한 2차 교합성 외상을 방지하기 위해 부하의 감소를 동반해야 할 것이다. 마지막으로 재발 방지를 위한 환자의 구강위생능력 확립이 필요한데, 첫 번째 증례 경우 깊은 치주낭 뿐 아니라 임플란트 주위의 부족한 각화치은이 구강 관리를 어렵게 하는 요

인으로 작용할 수 있다. 골유착이 일어난 임플란트 유지에 각화치은의 존재가 필수적인지 여부에 대해서는 논란의 여지가 많으나, Valderhaug and Birkeland³³⁾는 보철물주위의 연조직관찰을 통해 부적절한 각화치은과 불량한 구강위생이 동반되는 경우 임플란트 주위조직의 장기적 유지에 부정적 영향을 끼칠 수 있다고 하였다. 본 증례에서와 같이 임플란트 주위에 나타나는 합병증은 여러 요소들이 복합적으로 관여하므로 다각적인 평가와 처치가 필요하며, 더 나아가 이러한 요소를 통해 합병증을 방지할 수 있는 예방적 방향으로의 치료계획이 필요할 것이다.



참고문헌

1. Albrektsson T, Zarb GA, Worthington P, et al. The long-term efficacy of currently used dental implants. A review and proposed criteria of success. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1986;1:1-25.
2. Buser D, Weber HP, Lang NP. Tissue integration of non-submerged implants. 1-year results of a prospective study with 100 ITI hollow-cylinder and hollow-screw implants. *Clin Oral Implant Res* 1990;1:33-40.
3. Misch CE. Implant success or failure. Clinical assessment in implant dentistry. In Misch CE, editor. *Contemporary Implant Dentistry*, St Louise, 1993, Mosby.
4. Pjetursson BE, Tan K, Lang NP. A systematic review of the survival and complication rates of fixed partial dentures(FPDs) after an observation period of at least 5 years. *Clin Oral Implant Res* 2004;15:625.
5. Adell R, Lekholm U, Rockler B, et al. Marginal tissue reactions at osseointegrated titanium fixtures. A 3-year longitudinal prospective study. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 1986;15:39-52.
6. Tonetti MS, Schmid J. Pathogenesis of implant failures. *Periodontology* 2000 1994;4:127-138.
7. Oh TJ, Yoon JK, Misch CE, Wang HL. The causes of early implant bone loss. Myth or science? *J of Periodontol* 2002;73:322-333.
8. Rangert B, Krogh P, Langer B, Van Roekel N. Bending overload and implant fracture. A retrospective clinical analysis. *Int J Oral Maxillofac*

- Implants 1995;10:326-324.
9. Reilly DT, Burstein AH. The elastic and ultimate properties of compact bone tissue. *J Biomech* 1975;8:393-405.
10. Miyata T, Kobayashi Y, Araki H, Motomura Y, Shin K. The influence of controlled occlusal overload on peri-implant tissue. A histologic study in monkeys. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1998;13:677-683.
11. Miyata T, Kobayashi Y, Araki H, Ohto T, Shin K. The influence of controlled occlusal overload on peri-implant tissue. Part 3. A histological study in monkeys. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2000;15:425-431.
12. Misch CE. Dental evaluation. Factors of stress. In Misch CE, ed. *Contemporary implant dentistry*, 2nded. St.Louis: Mosby1999:119-134.
13. vonRecum A. *Handbook of biomaterial Evaluation*. NewYork, Macmillan Publishing, 1986.
14. Lindhe J, Berglundh T, Ericsson I, Liljenberg B, Marinello C. Experimental breakdown of peri-implant and periodontal tissues. A study in the beagle dog. *Clin Oral Implant Res* 1992;3:9-16.
15. Lang NP, Bragger U, Walther D, Beamer B, KornmanKS. Ligature-inducedperi-implant infection in cynomolgus monkeys. Clinical and radiographic findings. *Clin Oral Implant Res* 1993;4:2-11.
16. Schou S, Holmstrup P, Stoltze K, Hjorting-Hansen E, Kornman KS. Ligature-induced marginal inflammation around osseointegrated implants and ankylosed teeth. *Clin Oral Implant Res* 1993;4:12-22.
17. Becker W, Becker BE, Newman MG, Nyman S. Clinical and microbiologic findings that may contribute to dental implant failure. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1990;5:31-38.
18. Lee KH, Maiden MF, Tanner AC, Weber HP. Microbiota of successful osseointegrated dental implants. *J periodontal* 1999;70:131-138.
19. Quirynen M, van Steenberghe D. Bacterial colonization of the internal part of two-stage implants. An in vivo study. *Clin Oral Implant Res* 1993;4:158-161.
20. Persson LG, Lekholm U, Leonhardt A, Dahlen G, Lindhe J. Bacterial colonization on internal surfaces of Branemark system implant components. *Clin Oral Implant Res* 1996;7:90-95.
21. Berglundh T, Lindhe J, Ericsson I, Marinello CP, Liljenberg B, Thomsen P. The soft tissue barrier at implants and teeth. *Clin Oral Implants Res* 1991;2:81-90.
22. Hermann JS, Cochran DL, Nummikoski PV, et al. Crestal bone changes around titanium implants. A radiographic evaluation of unloaded nonsubmerged and submerged implants in the canine mandible. *J Periodontol* 1997;68:1117-1130.
23. Hammerle CHF, Bragger U, Burgin W, Land NP. The effect of

- subcrestal placement of the polished surface of ITI implants on marginal soft and hard tissues. *Clin Oral Implant Res* 1996;7:111-119.
24. Weber HP, Buser D, Donath K, et al. Comparison of healed tissue adjacent to submerged and non-submerged unloaded titanium dental implants. A histometric study in beagle dogs. *Clin Oral Implants Res* 1996;7:11-19.
 25. Miyata T, Kobayashi Y, Araki H, Shin K, Motomura Y. An experimental study of occlusal trauma to osseointegrated implant. Part 2. *J Jpn Soc Periodont* 1997;39:234-241
 26. Isidor F. Loss of osseointegration caused by occlusal load of oral implants. A clinical and radiographic study in monkeys. *Clin Oral Implant Res* 1996;7:143-152.
 27. Isidor F. Histological evaluation of peri-implant bone at implants subjected to occlusal overload or plaque accumulation. *Clin Oral Implant Res* 1997;8:1-9.
 28. Becker W & Becker B. Replacement of maxillary and mandibular molars with single endosseous implant restorations. A retrospective study. *J of Prosthetic Dentistry* 1995;74:51-55.
 29. Jemt T. Failures and complications in 391 consecutively inserted fixed prostheses supported by Branemark implants in edentulous jaws. *Int J of Oral & Maxillofac Implant* 1991;6:270-276.
 30. Binon P. The role of screws in implant system. *Int J of Oral & Maxillofac Implants* 1994;9(suppl):48-51.
 31. Schwarz MS. Mechanical complications of dental implants. *Clin Oral Impl Res* 2000;11(suppl):156-158.
 32. Mombelli A, Van Oosten MA, Schurch E, Lang NP. The microbiota associated with successful or failing osseointegrated titanium implants. *Oral Microbiol Immunol* 1987;2:145-151.
 33. Valderhaug J, Birkeland JM. Periodontal conditions in patients 5 years following insertion of fixed prosthesis. Pocket depth and loss of attachment. *J Oral Rehabil* 1976;3:237-243.

교신저자 : 최성호
 서울특별시 서대문구 신촌동 134 연세대학교 치과대학 치주과학교실
 우편번호 : 120-752
 이메일 : shchoi726@yumc.yonsei.ac.kr