

실패한 임플란트에 대한 고찰과 문제해결 방법

김철민, 이재관, 엄흥식, 장범석, 이종빈*

국립강릉원주대학교 치과대학 치주과학교실

ORCID ID

Cheol-Min Kim,  <https://orcid.org/0000-0001-8918-6961>

Jae-Kwan Lee,  <https://orcid.org/0000-0003-1710-1580>

Heung-Sik Um,  <https://orcid.org/0000-0002-7986-1019>

Beom-Seok Chang,  <https://orcid.org/0000-0002-5280-3249>

Jong-Bin Lee,  <https://orcid.org/0000-0002-6800-4337>

ABSTRACT

Analysis and Solution for Failed Dental Implant

Cheol-Min Kim, Jae-Kwan Lee, Heung-Sik Um, Beom-Seok Chang, Jong-Bin Lee*

Department of Periodontology, Gangneung-Wonju National University College of Dentistry

Globally, as dental implant treatment for edentulous areas increases, implant complications are also increasing. The adverse prognosis of implants arises from esthetic, biological, and mechanical complications. Several methods reported to manage and resolve these complications are often insufficient to improve the pathological condition or satisfy patient satisfaction. In this case, implant removal should be considered. The traditional implant removal method based on the tooth extraction method has been widely used, but now, a minimally invasive surgical method based on 'reverse-torque' has been introduced. With this new method, soft and hard tissue around the implant can be preserved. In several literatures, it has been reported that the survival rate of implants repositioned in the failed site is high. Despite these results, dentists must carefully consider whether implant repositioning can meet the functional, biomechanical, and aesthetic needs of the patient before making a decision. When considering reimplantation, surrounding soft and hard tissue grafting should be considered, and it is important to understand the type of alveolar bone defect. However, if knowledge about the biological phenomena and volume changes occurring at the implant removal site is insufficient, the dentist's decision process of treatment plan becomes complicated and difficult. Also, in most cases, the treatment plan is determined simply by relying only on the clinical experience of the dentist. This review aims to provide information on dentists' treatment planning decisions for failed implants. In addition to this, we would like to emphasize the importance of understanding the physiology of alveolar bone along with various considerations for implant removal methods and reimplantation.

Key words : Dental implant, Fail, Implant removal, Implant repositioning, Solution.

Corresponding Author

Jong-Bin Lee, DDS, PhD

Assistant Professor, Department of Periodontology, Gangneung-Wonju National University College of Dentistry
7 Jukheon-gil, Gangneung-si, Gangwon-do 25457, Republic of Korea

Tel : +82-33-640-2446 / Fax : +82-33-642-6410 / Mobile : +82-10-3290-1706

Email : periojbl333@gwnu.ac.kr / ddsjb333@gmail.com

I. 서론

치아 수복을 위한 임플란트 치료는 효과적이고, 예지성 있는 치료로 보고되었다¹⁻³⁾. 치과용 임플란트의 5년 누적 생존율은 90.5% ~ 100%의 범위를 보이며, 10년 누적 생존율은 85.5% ~ 100%로 보고되었다³⁾.

그러나 임플란트의 생존은 더 이상 임플란트 성공의 적절한 기준이 아니며, 기술적, 생물학적 합병증이 존재하지 않고, 환자가 만족할 경우를 '임플란트의 성공'으로 간주할 수 있다. 이와 관련된 임플란트 치료의 생물학적, 심미적, 기술적 합병증에 관한 다수의 증거가 보고되고 있음을 인지해야 한다.

임플란트 주위염은 민감한 숙주의 세균성 biofilm에 의해 유발되는 만성 염증 상태이며⁴⁾, Derks 등은 비선형적이고 가속화된 방식으로 질환이 진행된다고 보고하였다⁵⁾. 임플란트 주위염은 임플란트 제거의 주요 원인이며, 이로 인해 환자가 향후 동일한 병원 또는 동일한 치과 의사에게 치료받는 것을 거부하게 하는 부정적인 영향을 끼칠 수 있다⁶⁾.

임플란트 치료의 임상적 효과가 좋아짐에 따라 환자의 치료에 대한 기대치도 높아졌으며, 환자의 주관적인 평가는 임플란트 성공을 결정하는 주요 기준이 되었다. 임플란트의 만족스러운 심미성을 위해서는 상실된 치아와 인접 연조직의 자연스러운 모습을 조화롭게 반영할 수 있는 재건이 필요하며⁷⁾, 이는 환자의 기대와 요구를 충족시키려는 시도에 초점을 맞춘 것으로, 현재 매우 도전적인 임플란트 연구 분야이다.

광범위하고, 전반적인 임플란트 보철 치료는, 보철적 재건의 측면에서 매우 중요하며, 임플란트의 적절한 식립 위치에 따라 임플란트의 성공이 크게 좌우되므로, 수술적 고려 또한 필수적이다.

임플란트가 성공적으로 골유착되었음에도 불구하고, 심미적인 이유로 임플란트의 제거가 불가피한 상황이 발생할 수 있다⁸⁾. 임플란트의 제거는 치아를 발거하는

것과는 상당히 다른데, 치아는 치조와 내의 치아 구조를 지지하는 치주인대가 있는 반면⁹⁾, 임플란트는 치조골 내에서 강직되어 있어, 기계적 수용기와 치주인대 섬유가 제공하는 탄력이 없으므로, 임플란트의 탈구는 치아보다 더 큰 힘을 요구하며, 치조골-임플란트 접촉부가 물리적으로 분해되어야 한다.

전통적인 임플란트 제거 방법은 골유착 자체를 파괴시키지 않고, 원통형의 트레핀 버를 사용하여 지지골까지 같이 제거하는 것이었으나, 최근에는, 소위 'removal torque'의 적용을 기반으로 하는, 보다 더 치조골을 보존할 수 있는 방법이 제안되었다. 이번 연구에서는, 여러 가지 원인에 의해 실패한 임플란트 처치에 대한 치과 의사의 치료계획 결정에 도움을 줄 수 있는 다양한 정보를 제공하고, 최근에 고안된 덜 침습적인 임플란트 제거 방법과, 재식립 시 고려해야 할 사항에 관해 고찰해 보고자 한다.

II. 본론

1. 임플란트의 기능적, 심미적 성공을 위한 임계 협측 치조골 두께

불량한 심미적 결과 또는 생물학적 합병증으로 인한 임플란트 실패는 종종 임플란트의 식립 위치 오류로 인해 발생한다¹⁰⁾. 임플란트의 식립은 치조골에 외상을 주는 것이며, 치조골의 대사를 이해함으로써, '임계 협측 골 두께'의 개념을 쉽게 이해할 수 있을 것이다.

치유된 발치와 부위에 식립된 임플란트는, 초기에 골이 재형성된 후, 전체 임플란트 표면이 골유착 상태를 유지하기 위해 충분한 협측 치조골 두께가 필요하다¹¹⁾. 치조골의 외부 층은 주로 피질골인 반면, 내부 층은 해면골 구조를 특징으로 한다. 피질골은 주로 골막 표면과 골내막에서 혈액 공급을 받으며¹²⁾, 임플란트 식립을 위해 판

막을 거상하면, 골막으로부터 혈액 공급이 감소되고, 그에 따라 괴사가 발생할 수 있다. 또한, 판막을 재위치시킨 후, 협착 치조골판이 얇은 경우에는 RANKL/RANK 경로에 의해 활성화된 파골세포로 인해 협착 치조골이 전반적으로 소실되고, 상부 점막의 퇴축이 진행될 수 있다. 이에 따라, 임플란트 표면이 구강내로 노출되어, 미생물이 biofilm에 집락화하고, 만성 감염성 염증이 발달할 가능성이 높다³⁾. 여러 임상연구 결과는 임플란트 주위조직의 이러한 생물학적 변화를 입증한다^{11,14)}. 2000년대 초, Spray 등은 임플란트의 성공적인 결과를 얻기 위해 치조골의 구조적인 특징과 더불어, 최소 1.8 mm의 협착 치조골 두께가 중요하다고 보고하였다¹¹⁾. 또한, Barone 등은 최소 1 mm의 협착 치조골 두께가 있을 때, 임상적으로 더 유리한 결과를 보인다고 하였다¹⁴⁾. 이와 유사하게, Covani 등은 협-설 폭경이 적절한 치조정 부위에 임플란트를 식립하면, 약 3 mm 정도의 치조골 흡수가 발생한다고 보고하였다¹⁵⁾. 이와 대조적으로, 최근 연구에서 협-설측 치조정 폭이 제한된 부위 (4.5 mm 이하)에 식립된 임플란트 주위조직에도, 로딩 후 3년 동안 매년 아주 적은 양의 변연골 흡수 (각각, 0.17 mm, 0.05 mm, -0.06 mm)가 관찰된다는 보고도 있었다¹⁶⁾.

개를 대상으로 진행된 연구의 조직형태학적 검사 결과, 임플란트 식립 8주 후, 임플란트 주위 협-설측 치조골 리모델링의 동적 과정에 대해 확인할 수 있었는데, 두꺼운 협측 치조골 (1.5 mm 이상)의 경우, 얇은 협측 치조골 (1.5 mm 미만)에 비해 대다수의 조직 형태학적 변수가 더 안정적으로 유지되었다고 보고되었다¹⁷⁾. 또한, 같은 연구에서, 결찰사를 이용한 임플란트 주위질환 (ligature-based periimplant diseases) 모델을 이용하여, 얇은 협측 치조골에 식립된 임플란트가 더 심각한 형태의 임플란트 주위 질환이 발병할 위험성이 높다고 보고하였다.

임플란트 주위염은, 1.5 mm 미만의 얇은 협측 치조골 부위에서, 보다 더 공격적인 방식으로 진행되었다. 이 부

위에서 탐침 시 출혈이 더 많이 발생하였고 ($p=0.01$), 더 큰 임플란트 주위 점막 퇴축 ($p=0.001$)과 증가된 화농성 삼출물 ($p=0.01$)이 관찰되었다¹⁷⁾.

따라서, 두꺼운 협측 치조골 (1.5 mm 이상)에 식립한 임플란트가 임플란트 식립 후와 임플란트 주위염의 진행 과정에서 발생하는 치조골의 체적 변화를 보상하는데 더 효과적이며, 치조골의 생리학적 리모델링 과정에서 협측 치조골 두께가 보장될 수 없는 경우, 골이식술/골유도 재생술의 부가적인 적용이 필수적이라고 생각된다. 이러한 연구결과는, 임플란트의 심미적, 기능적 실패를 예방하는 것에도 매우 관련성이 깊다.

2. 심미적인 실패로 인한 임플란트의 제거

연조직의 윤곽과 색조, 수복물의 변연이 맞지 않는 것은 심미적 실패의 일반적인 원인이다¹⁸⁾. 이러한 합병증은 부적절한 임플란트 수술과 관련이 있으며, 그 예로, 상악 전치부 임플란트 즉시 식립 시에는, 구개측 치조골 벽의 경사로 인해 협측으로 골혈이 형성되는 경향이 있으며¹⁹⁾, 하악 구치부에서는, ‘mandibular concavity’와 같은 해부학적 구조에 대한 손상을 피하기 위해, 이상적 식립 위치에 비해 과도하게 협측으로 골혈이 형성되는 경우가 있다¹⁰⁾.

발치 후 즉시 식립 임플란트를 계획하는 경우에는, ‘임계 협측 치조골 두께’의 개념을 고려하여, 협측 치조골 판에서 1.5 mm 이상 떨어진 곳에 임플란트를 식립해야 하며, 이것이 불가능할 경우에는, 임플란트 식립과 동시에 골이식술/골유도 재생술을 시행하여 불리한 치조골의 리모델링 과정을 보상해야 한다¹⁷⁾.

한편, 최근 연구에서는, 심미적 합병증에 대한 위험요소 (risk factor)가 적은 환자 (thick gingival phenotype, intact buccal bone wall, both neighboring teeth present)를 대상으로 단일치 즉시 임플란트 식립 (single immediate implantation) 후 5년 이상 추적 관찰하였

는데, 임플란트 mid-facial 부위의 치주조직 퇴축과 점막 변연의 불안정으로 인해 심미적인 합병증의 발생률이 높다는 결과를 보고하였다²⁰⁾. 이러한 심미적 문제의 경우, 적절한 위치에 임플란트를 식립하는 것 만으로는 치조골의 동적 리모델링을 보상하기에 충분하지 않을 수 있으며, 만족스러운 심미성을 확보하기 위해서는 연조직 및 경조직 증대술이 필수적이다.

임플란트가 심미적으로 실패했을 때, 순/협측 점막 부위에서 임플란트가 어둡게 비쳐보이는 현상이나, 치간 유두의 소실이 관찰된다. 이러한 심미적 문제가 발생하는 원인은, 점막의 표현형이 얇거나 (thin gingival phenotype), 협-설측으로 또는 치관-치근단측으로 임플란트가 부적절한 위치에 식립되거나, 잘못된 각도로 임플란트가 식립되어 점막의 퇴축이 발생했을 때 나타난다. 또한, 치간유두의 소실은, 임플란트를 근-원심측으로 부적절하게 식립했을 때 발생할 수 있다.

Buser 등은, 심미적인 결과를 얻을 수 있는 위치와 심미적으로 문제를 일으킬 수 있는 위치를 'comfort zone' 과 'danger zone'이라는 용어로 설명하였다²¹⁾. 이와 관련하여, Lee 등은, 전치부에서 인접 치주조직이 건강하게 잘 유지되고 있는 경우 comfort zone이 좀 더 넓다고 할 수 있으나, 인접 치주조직의 퇴축이 심한 경우에는 식립 위치가 정 가운데에서 조금만 벗어나도 보철적으로 공간문제를 해결할 수 있는 여유가 거의 없으므로, 정확한 식립 위치를 설정해야 심미적인 임플란트 보철이 가능하다고 보고하고 있다²²⁾. 연조직 관리 및 이식 또는 보철적인 계획과 전략으로 이러한 문제점을 보완할 수 있으나, 특정 조건에서는 임플란트 제거가 필요하며, 다음의 3가지 이유로, 임플란트의 유지, 관리가 특히 어려워질 수 있다²³⁾.

첫째, 환자들이 종종 높은 수준의 심미적 결과를 요구한다.

둘째, 임플란트의 잘못된 식립 위치로 인해, 1벽성 또는 2벽성 치조골 결손이 발생한다.

셋째, 연조직 또는 경조직의 결손이 있는 경우, 추가적인 치주조직 증대술이 필요하다.

2-1. 임상적 처치

임플란트의 심미적 실패는, 결합의 형태와 정도, 사용 가능한 연조직의 양과 질에 대한 평가가 필요하며, 결합의 유형에 관계없이, 즉각적인 임플란트 재식립은 권장되지 않는다.

임플란트 제거 후 협측 치조골 벽이 완전히 소실되지 않은 2벽성 또는 3벽성 치조골 결손이 있으면, 무판막 수술 (flapless operation)로 골이식술/골유도재생술을 시행하거나, 자연치유되도록 유도할 수 있다. 골이식술/골유도 재생술은 최소 4개월의 치유 기간이 필요한 반면, 자연치유시킬 경우에는 더 이른 시기에 임플란트를 식립할 수 있으며, 이 경우에는, 골유도 재생술을 동시에 시행하는 것을 고려해야 한다. 어떤 옵션을 선택하든, 임플란트 제거 부위의 골은 혈관분포가 제한되는 특성이 있으므로, 피질골 천공술 (decortication)이 권장된다.

반면, 임플란트 제거 후 1벽성 또는 2벽성 치조골 결손이 있는 경우에는, 단계적으로 골이식술/골유도 재생술을 먼저 시행하고, 4개월의 치유 기간을 부여한 후 적절한 위치에 임플란트를 식립하는 것이 추천된다.

한 연구에서는, 성공적으로 골유착이 이뤄지고, 임상적으로 안정적인 상태를 보이지만, 여러 다른 이유로 제거된 임플란트를 회수하여, 조직학, 조직형태학적으로 분석한 결과, 대부분의 제거된 임플란트 주위 조직은 골수강이 거의 없는 성숙한 치밀골 (mature compact bone)로 이루어져 있으며, 소주골 (trabecular bone)에 식립된 임플란트에서도 거의 모든 나사선 (thread)이 치밀골로 채워져 있었다고 보고하였다. 심미적인 이유로 실패한 임플란트 부위 역시, 주변이 골수강이 없는 치밀골로 이루어져 있기에, 임플란트 재식립을 위한 골형성 시 이전의 실패 부위로 드릴의 위치가 이동하려는 경향이 있다고 보고하였다²⁴⁾. 또한, 임플란트가 심미적으

로 실패하였을 때, 유리 또는 유경 결합조직 이식술을 통해 연조직의 두께를 증가시켜 심미적 결과를 향상시킬 필요성에 대해 고려해야 하며, 이를 통해 심각한 치조골 결손을 보이는 증례에서의 추가적인 치조골 결손을 보상할 수 있다고 하였다.

3. 임플란트 주위염으로 인한 임플란트 제거

임플란트 주위염의 유병률은, 평균적으로, 임플란트 수준에서 12%, 환자 수준에서는 18%로 밝혀졌으나, 환자 수준에서의 유병률은 1% ~ 47% 사이로 광범위하게 보고되었다²⁵⁾. 일반적으로, 임플란트 주위염에서 치조골의 소실은 비선형적이고 가속화된 방식으로 진행되므로, 적절한 시기에 대처하지 않으면, 임플란트의 실패로 이어진다⁵⁾. 그럼에도 불구하고, 임플란트 주위염에 대한 다양한 치료의 효과는 장기적으로 예지성이 낮기 때문에 여전히 논쟁의 대상이다^{26,27)}.

Monje 등은, 치주염과 임플란트 주위 질환에 대한 2017년 World Workshop을 근거로 임플란트 주위염을 정의하고, 형태적 특징과 심도에 따라 임플란트 주위염을 분류하였다²⁸⁾. Moderate 또는 advanced form이 90% 이상 관찰되었고, 50%는 moderate form (임플란트 길이의 25% ~ 50%의 노출)을 보이며, 40%는 advanced form (50% 이상의 노출)을 보였다. 이는 임플란트 주위염 병소에 골 절제술이나 골 재건술과 같은 완화 치료를 시행했을 때, 해당 임플란트의 예후가 좋지 않을 수 있다는 것을 의미한다.

3-1. 임상적 처치

임플란트 주위염이 상악 전치부에 발생할 경우, 심미적인 측면에서 그 처치가 어려우나, 그 이외의 부위에서는 심미적인 고려 사항은 적으나, 관리 옵션이 더 광범위하여 치료 방법의 선택에 있어서 신중을 기해야 한다.

임상연구 데이터에 따르면, 임플란트 길이 50% 이상

의 골 파괴를 보이는 advanced form은 덜 심각한 경우보다 치료 예후가 더 나쁘며, 임플란트 제거가 추천된다²⁹⁻³¹⁾.

개를 대상으로 한 전임상 연구에서는, 이와 다소 상반된 결과를 보고하였다. 임플란트 주위염을 유발하고, 임플란트를 제거한 후, 어떠한 소독 과정도 없이 깨끗한 인접 골에 해당 임플란트를 다시 식립하였고, 임플란트가 제거된 부위에는, 직경이 더 넓은 임플란트를 새롭게 재식립하였다. 감염되었던 부위에 재식립한 새로운 임플란트의 골-임플란트 접촉 [bone-implant contact (BIC) 약 50%] 량과 깨끗한 인접골에 식립한 감염 임플란트의 골-임플란트 접촉 (약 51%) 량이 유사하였다. 따라서, 감염 부위 내와 감염된 임플란트 표면 주위 모두에서 골 유착이 얻어질 수 있는 것으로 보인다고 보고하였다³²⁾.

또 다른 임상연구에서는, 임플란트 주위염 부위에서 임플란트를 제거와 동시에 새로운 임플란트를 재식립한 결과, 보철물 장착 후 약 30개월 동안 약 94%의 성공률과 약 0.9 mm의 변연골 소실을 나타냈다. 4벽성 치조골 결손의 경우에 한해서만 즉시 식립이 시행되었고, 발거 부위보다 더 넓게 골혈을 형성하여, 더 넓은 직경의 임플란트를 식립하였다. 또한, 대부분의 증례에서, 임플란트 식립 부위의 협착을 overbuilding 하기 위한 목적으로 치조골 증대술이 시행되었다³³⁾.

그러므로, 임플란트 주위염으로 실패한 임플란트가 잘못된 위치에 식립되어 있지 않은 경우, 임플란트 식립 부위를 더 확장한 후, 더 넓은 직경의 임플란트를 즉시 식립하는 방법이 가능한 치료 옵션이 될 수 있다.

그러나, 이는 경도 (mild)의 임플란트 주위염 (임플란트 길이의 25% 미만의 치조골 결손)에만 가능하다²³⁾. 중등도 (moderate), 또는, 중도 (advanced)의 임플란트 주위염으로 인한 임플란트 제거와 즉시 식립의 증례에서는, 상부의 치조골 결손을 보상하기 위해 임플란트의 위치가 너무 치근단에 위치하게 되어, 해로운 결과를 초래할 수 있다. 이러한 경우에는, 임플란트 즉시 식립이 권장

되지 않으며, 임플란트 제거와 동시에 골이식술/골유도 재생술을 시행하는 것이, 치조제 보존 (ridge preservation)의 관점에서 유리한 것으로 입증되었다³⁴⁾.

치과 임상가의 감염된 임플란트를 제거하고 반드시 해당 부위를 재수복해야 하는가에 대해서도 고민해봐야 한다. 인접한 건강한 임플란트를 이용해 무치악 부위를 효율적으로 재건할 수 있다면, 생존 임플란트의 임플란트 주위염 예방에만 초점을 맞추는 것이 좋다. 또 다른 방법으로는 구강 위생 관리를 용이하게 하기 위해 고정식 보철물에서 임플란트 유지 가철식 보철물로 교체할 수도 있다.

실패한 임플란트 부위가 구강기능의 회복에 결정적으로 중요할 경우에는, 임플란트 제거 후 골이식술을 선택하는 것이 추천된다.

2벽성 또는 3벽성 치조골 결손의 경우에는, 골 획득을 증가시키기 위해 골이식재와 함께 차폐막을 사용하거나, 체적 변화를 보상하기 위해 블록형 치조골 이식편을 사용하는 것을 고려해야 한다. 이는, 일차 판막 폐쇄가 가능할 때 시행되어야 하며, 그렇지 않다면, 단계적 접근법이 추천된다.

가장 불리한 경우인 1벽성 또는 2벽성 치조골 결손에서는, 새로 형성될 치조골의 성숙을 위해 더 긴 치유기간이 추천되며, 일반적으로, 자연적인 연조직 치유 후 단계적으로 골이식술/골유도 재생술을 시행하는 방법이 필요하다.

이와 대조적으로, 4벽성 치조골 결손의 경우에는, 치과 임상가가 임플란트 식립 단계에서의 침습성을 최소화하기 위해, 임플란트 제거와 동시에 무판막 수술 (flapless operation)로 골이식술/골유도 재생술을 시행하거나, 골이식술/골유도 재생술을 시행하지 않고 무판막 수술로 소파술 및 피질골천공술을 시행하여 임플란트 제거 부위의 혈행을 증가시킨 후 자연치유시켜 임플란트 재식립까지의 기간을 단축시킬 수 있다.

임플란트가 제거되고 자연치유된 경우, 임플란트 재

식립과 동시에 골이식술/골유도 재생술이 필요한 경우가 빈번하기에, 실패한 임플란트의 제거와 동시에 골이식술/골유도 재생술을 시행하는 것이 추천된다.

구강 내에서 여러 개의 임플란트가 실패한 경우, 단계적 접근법으로 수직적 치조골 증대술을 먼저 시행하거나, 짧은 임플란트의 식립을 고려할 수 있다. 수직적 치조골 증대술은 기술적인 어려움이 있고, 짧은 임플란트 식립의 경우에는 바람직하지 않은 치관-임플란트 비율로 인해 기계적 합병증의 가능성이 증가할 수 있다. 임플란트 주위의 생물학적 합병증의 발생 및 재발을 예방하기 위해서는, 임플란트 주위에 각화 점막이 존재하는 것이 바람직하며^{35,36)}, 임플란트 협측 부위의 각화 점막이 부족한 경우에는 연조직이식술을 고려해야 한다^{37~39)}.

4. 임플란트 또는 임플란트 구성요소의 파절로 인한 임플란트 제거

임플란트 또는 임플란트 구성요소의 파절은 1% 미만에서 드물게 발생하는 것으로 보고되었다⁴⁰⁾. 임플란트 파절의 잠재적인 원인은 상부 구조의 부적절한 적합과 임플란트 재료의 특성, 장기간의 금속 피로, 교합력의 크기와 방향, 부적절한 습관 [예) 이 악물기, 이갈이 등] 등을 포함한다⁴¹⁾.

따라서, 생체역학적 과부하는 임플란트 파절에 중요한 역할을 하는 것으로 보인다. 임플란트 파절의 대략 90%는 소구치와 대구치 부위에 발생하는 것으로 보고되었고, 이 부위는 수직적, 수평적 움직임 모두에 노출되어 bending overload가 발생한다⁴²⁾.

임플란트의 직경이 클수록, 기능적 힘에 대해서 더 효과적으로 저항할 수 있다. 연구에 따르면, 임플란트 직경에 따라 특정한 파절 부위가 관찰되는데, 5 mm 직경의 임플란트의 경우 어버트먼트의 목 부위 (neck)와 연결 나사 (screw) 부위에서 발생하며, 3.75 mm 직경의 경우 임플란트 고정체의 목 부위 (neck) 44%와 두번째 나

사선 (thread) 55%에서, 3.3 mm 직경의 경우 두번째 나사선 52%와 세번째 나사선 48%에서 파절이 많이 발생하는 경향이 있다⁴³⁾.

최근 2670명의 환자들을 대상으로 시행된 후향적 연구에서, 임플란트 파절에 대해 5가지 인자가 유의하게 영향을 끼침을 확인하였다. 티타늄의 순도가 높을수록 파절 위험이 72% 낮아졌고, 임플란트 직경이 1 mm 증가할 때마다 파절 위험도가 96% 감소하였다. 대조적으로 cantilever, 이갈이, 임플란트 길이의 1 mm 증가에 따라 파절 가능성이 각각 247%, 1819% 및 22% 증가하였다⁴⁴⁾.

4-1. 임상적 처치

임상적으로, 손상된 임플란트 구성요소나 파절된 임플란트를 수정할 수 없기 때문에 trephine bur를 사용하여 제거하는 것이 유일한 옵션일 수 있다. 파절된 임플란트가 구강 내 수복치료에 있어서 무시할만 하다면, submerge 시켜 유지하는 것도 고려되어야 하며, 제거술 도중, 하치조 신경이나 상악동과 같은 해부학적 구조물의 손상이 일어날 위험이 있는 경우, 또한 submerge 시키는 것이 고려될 수 있다. 이를 위해서는, 임플란트 표면이 오염되어 있지 않아야 한다.

5. 임플란트 제거 방법

실패한 임플란트를 제거하기 위해서, 다양한 접근 방식과 장치가 제안되었다.

전통적인 방법에서는, trephine bur, 또는, high speed bur나, low speed bur를 사용하여 주변 치조골과 함께 실패한 임플란트를 일괄적으로 제거한다. 이는 연조직 및 경조직에 매우 침습적이며, 특히, 하악 임플란트에서는 신경 및 혈관 손상의 위험이 더욱 증가한다. 따라서, 이러한 경우에는 임플란트 제거 후 즉시 재식립은 권장되지 않는다.

외과적 침습을 최소화하여, 합병증과 이환율을 줄이고, 수술을 단순화하기 위해, 전단응력을 가하여 임플란트와 치조골 사이의 긴밀한 접촉을 파괴하는 방법이 권장된다⁴⁵⁻⁴⁷⁾.

그 예로, 초고주파 압전 수술 기구⁴⁸⁾, 또는, 레이저 보조 장치⁴⁹⁾를 이용한 국소적인 절제술이 있으며, 실패한 치과 임플란트를 제거하는 데 있어서, 그 유용성이 입증되었다. 그러나, 이러한 방식은 시간이 많이 걸리고, 침습성에 대해서 여전히 논란의 여지가 있다.

최근에는, 역-토크 (reverse-torque)의 적용을 기반으로 하는 다른 임플란트 제거 기술이 제안되었다⁴⁵⁻⁴⁷⁾. 임플란트 플랫폼 내로 특수한 기구를 시계 방향으로 50 Ncm에 도달하도록 나사로 조인 후, 핸드렌치를 사용하여 시계 반대방향으로 제거 토크 (250 Ncm 미만의 토크)를 가한다. 보통 이 방법만으로 충분히 임플란트 제거가 가능하지만, 그렇지 않은 경우에는 피질골의 1~2 mm를 trephine bur를 이용하여 선 절제하여, 보다 더 최소 침습적인 방법으로 임플란트를 제거할 수 있다.

임플란트 연결부가 손상되어 이러한 여러 기술 중 어느 것도 가능하지 않은 경우에는, 임플란트 연결부를 넓히고, 제거 기구의 적절한 적합을 확보하기 위해 텅스텐 카바이드로 만든 특수한 bur를 사용할 수도 있다.

최소 침습적인 방법이 모두 불가능하다면, trephine bur 및 발치 기자 (elevator)와 발치 겸자 (forcep) (Figure 1) 같은, 보다 더 침습적인 방법을 사용하여 실패한 임플란트를 제거하는 것이 추천된다.

6. 임플란트 제거 부위의 골재생

발치외에서 일어나는 일련의 현상은, 전임상^{50,51)} 및 임상⁵²⁻⁵⁴⁾ 시험에서 광범위하게 조사되었지만, 임플란트 제거에 따른 치조정의 체적 변화와 치유 과정에 대한 연구 결과는 상대적으로 부족하다.

최근의 임상연구에서는, 치아 발치 후 발생하는 상당

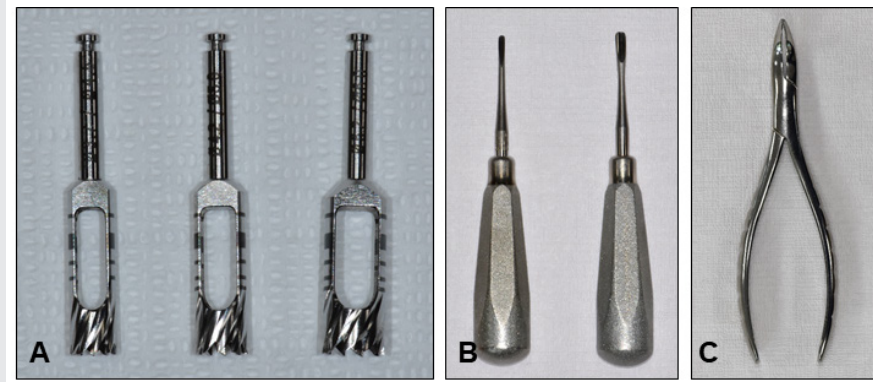


Figure 1. Conventional implant removal instruments.
A) Trephine bur, B) Elevator, and C) Root forcep.

한 체적 변화와는 대조적으로, 임플란트 주위염으로 인한 임플란트 제거 후에는 아주 적은 정도의 경조직 변화가 예상된다고 보고하였다. 또한, 임플란트 제거 시 removal kit (Figure 2)를 사용하고, 제거와 동시에 골이식술을 시행하면, 치조정의 체적 감소를 상당히 줄일 수 있다고 하였다³⁴⁾.

양을 대상으로 한 전임상 실험 연구에서는, 역-토크 (228 ± 18 Ncm)를 사용하여 최소 침습적으로 임플란트를 제거한 후 생물학적 후유증을 평가하였다. 임플란트가 제거된 부위의 주사전자현미경 (Scanning Electron Microscope) 사진에서 하버시안 관 (harvasian canal)과 볼크먼 관 (volkman canal)이 관찰되었고, 현미경 사진에서는 골 표면과 밀접하게 접촉한 골세포가 관찰되었으며, 이 세포의 형태는 임플란트 제거로 인한 손상의 증거 없이 정상적인 형태로 관찰되었다⁴⁵⁾.

이러한 결과는, 임플란트 제거 후 즉시 재식립이 생물학적 관점에서 성공적으로 실현 가능성을 시사하였다. 그러나, 임플란트 제거 부위에서 발생하는 동적인 현상과 체적 변화, 또한, 이들이 각기 다른 시기의 임플란트

식립 프로토콜에 대해 어떠한 영향을 끼치는지에 대해서도 추가적인 연구결과가 필요하다.

7. 재식립한 임플란트의 결과

임플란트 제거 후 임플란트 재식립 프로토콜 [증례 예시) Figure 3]은 개별적인 환자 증례에 맞게 조정되어야 하며, 이와 관련하여, 연조직 및 경조직의 특성을 모두 고려하는 것이 중요하다.

여러 문헌에서는, 임플란트 실패 후, 두 번째 또는 세 번째 임플란트 재식립이 향후 임플란트 생존 측면에서 실현 가능성을 보여주었다. 7 건의 연구 (5 건의 후향적 코호트 임상 시험 및 2 건의 case series)를 기반으로 한 systematic review에 따르면, 두 번째 재식립 후 생존율은 약 40개월의 평균 추적관찰 기간 동안 약 88%였으며, 세 번째 재식립 후, 생존율은 두 번째 시도의 생존율에 비해 14% 감소하여, 약 74%였다. 또한, 임플란트 제거 후 임플란트 재식립시, 임플란트의 성공과 실패를 좌우하는 주요 위험 요소를 식별할 수 있었다. 예를 들어,



Figure 2. Fixture removal kit using reverse-torque.
A) Osstem, Seoul, Korea, and B) Neo-Biotech, Seoul, Korea.

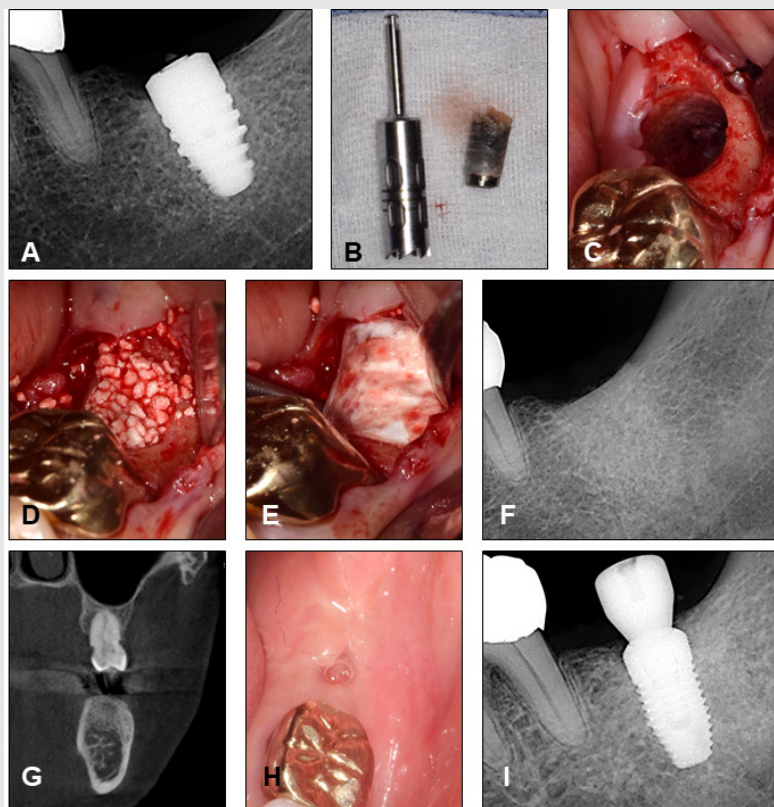


Figure 3. Implant placement after implant removal on #37.
A) Implant abutment fracture, B) Implant removal using trephine bur, C) Implant removal site, D and E) Guided bone regeneration (GBR, alloplastic bone grafting following by resorbable membrane coverage), F) Periapical x-ray view immediately after GBR, G) Cross-sectional CBCT view three months later after implant removal and GBR, H) After three months of healing period, and I) Implant placement.

통계적으로 유의하지는 않지만, 하악(약 16%)보다 상악(약 13%)에서 실패율이 더 높았고, 임플란트 지지 단일 크라운은 고정식 부분 의치보다 실패할 가능성이 더 큰 것을 보고되었다⁵⁵⁾.

다수의 연구결과에서, 흡연자에 대해서 유의하게 낮은 임플란트 생존률과 추가적인 치조골 소실의 결과가 보고되었지만, 흥미롭게도, 임플란트 제거 후 임플란트 재식립과 관련된 연구에서는, 두 번째와 세번째 식립에 있어서 흡연자와 비흡연자 간 유사한 성공률이 보고되었다. 그러나, 이 경우, 흡연의 효과를 명확하게 하기 위해서는 더 큰 데이터베이스를 이용한 연구가 필요할 것으로 보인다⁵⁵⁾.

III. 결론 및 제언

임플란트의 제거는, 부작용을 최소화하고, 구강 기능

과 심미성을 회복하기 위해, 가능한 최소 침습적인 임플란트 제거 방법을 이용해야 하며, 역-토크를 이용한 임플란트 제거 시스템은 다른 방법들에 비해 연조직과 경조직의 손상을 줄여준다.

치과 임상가는 보철물을 지지하거나 유지하는데 있어서, 실패한 임플란트의 교체 시기와 제거 필요성에 대해 고려해야 하고, 임플란트 재식립 프로토콜에 대한 결정은, 연조직과 경조직의 특성을 모두 고려하여 개별 환자의 증례에 맞게 조정되어야 한다. 또한, 임플란트 제거와 동시에, 또는, 치유 과정 이후, 임플란트 재식립의 시기와 필요성에 대한 결정은, 보철적, 생체역학적 및 심미적 요구 충족의 필요성에 근거해야 한다.

임플란트 제거 후 발생하는 생물학적 현상과 치조정의 체적변화에 대한 특성은, 현재까지의 여러 연구결과를 통하여, 이론적인 근거가 존재하나, 추후 장기간의 추적관찰을 통한 추가적인 연구가 필수적이다.

참 고 문 헌

1. Sailer I, Strasding M, Valente NA, Zwahlen M, Liu S, Pjetursson BE. A systematic review of the survival and complication rates of zirconia ceramic and metal ceramic multiple unit fixed dental prostheses. *Clinical oral implants research* 2018;29:184-198.
2. Pjetursson BE, Thoma D, Jung R, Zwahlen M, Zembic A. A systematic review of the survival and complication rates of implant supported fixed dental prostheses (FDP s) after a mean observation period of at least 5 years. *Clinical oral implants research* 2012;23:22-38.
3. Jung RE, Zembic A, Pjetursson BE, Zwahlen M, Thoma DS. Systematic review of the survival rate and the incidence of biological, technical, and aesthetic complications of single crowns on implants reported in longitudinal studies with a mean follow-up of 5 years. *Clinical oral implants research* 2012;23:2-21.
4. Schwarz F, Derks J, Monje A, Wang HL. Peri-implantitis. *J Periodontol* 2018;89 Suppl 1:S267-s290.
5. Derks J, Schaller D, Hakansson J, Wennstrom JL, Tomasi C, Berglundh T. Peri-implantitis: onset and pattern of progression. *Journal of clinical periodontology* 2016;43:383-388.

참 고 문 헌

6. Gargallo-Albiol J, Tavelli L, Barotchi S, Monje A, Wang HL. Clinical sequelae and patients' perception of dental implant removal: A cross-sectional study. *Journal of Periodontology* 2021;92:823-832.
7. Wittneben JG, Wismeijer D, Bragger U, Joda T, Abou-Ayash S. Patient-reported outcome measures focusing on aesthetics of implant and tooth-supported fixed dental prostheses: A systematic review and meta-analysis. *Clinical oral implants research* 2018;29:224-240.
8. Steigmann M, Monje A, Chan H-L, Wang H-L. Emergence profile design based on implant position in the esthetic zone. *International Journal of Periodontics & Restorative Dentistry* 2014;34.
9. Berglundh T, Lindhe J. Dimension of the periimplant mucosa: biological width revisited. *Journal of clinical periodontology* 1996;23:971-973.
10. Monje A, Galindo-Moreno P, Tozum TF, Suarez-Lopez del Amo F, Wang H-L. Into the paradigm of local factors as contributors for peri-implant disease. *International Journal of Oral & Maxillofacial Implants* 2016;31.
11. Spray JR, Black CG, Morris HF, Ochi S. The influence of bone thickness on facial marginal bone response: stage 1 placement through stage 2 uncovering. *Annals of periodontology* 2000;5:119-128.
12. Roush J, Howard P, Wilson J. Normal blood supply to the canine mandible and mandibular teeth. *American journal of veterinary research* 1989;50:904-907.
13. Roux S, Orsel P. Bone loss: Factors that regulate osteoclast differentiation—an update. *Arthritis Research & Therapy* 2000;2:1-6.
14. Barone A, Alfonsi F, Derchi G, et al. The effect of insertion torque on the clinical outcome of single implants: a randomized clinical trial. *Clinical Implant Dentistry and Related Research* 2016;18:588-600.
15. Covani U, Bortolaia C, Barone A, Sbordone L. Bucco-lingual crestal bone changes after immediate and delayed implant placement. *Journal of Periodontology* 2004;75:1605-1612.
16. Temmerman A, Keestra JA, Coucke W, Teughels W, Quirynen M. The outcome of oral implants placed in bone with limited bucco-oral dimensions: A 3-year follow-up study. *Journal of Clinical Periodontology* 2015;42:311-318.
17. Monje A, Insua A, Monje F, et al. Diagnostic accuracy of the implant stability quotient in monitoring progressive peri-implant bone loss: An experimental study in dogs. *Clinical oral implants research* 2018;29:1016-1024.
18. Su H, Gonzalez-Martin O, Weisgold A, Lee E. Considerations of implant abutment and crown contour: critical contour and subcritical contour. *International Journal of Periodontics & Restorative Dentistry* 2010;30.
19. Koticha T, Fu JH, Chan HL, Wang HL. Influence of thread design on implant positioning in immediate implant placement. *Journal of periodontology* 2012;83:1420-1424.
20. Cosyn J, Eghbali A, Hermans A, Vervaeke S, De Bruyn H, Cleymaet R. A 5-year prospective study on single immediate implants in the aesthetic zone. *Journal of clinical periodontology* 2016;43:702-709.
21. BUSER DM, William; BELSER, Urs C. Optimizing esthetics for implant restorations in the anterior maxilla: anatomic and surgical considerations. *International Journal of Oral & Maxillofacial Implants* 2004;19.
22. Lee D-H. Consideration on the esthetic problems from implant cases. *Journal of the Korean Academy of Esthetic Dentistry* 2015;23:39-48.
23. Monje A, Nart J. Management and sequelae of dental implant removal. *Periodontology 2000* 2022;88:182-200.
24. IEZZI G, et al. Periimplant bone response in human-retrieved, clinically stable, successful, and functioning dental implants after a long-term loading period: a report of 17 cases from 4 to 20 years. *Implant Dentistry* 2016;25:380-386.
25. Rakic M, Galindo-Moreno P, Monje A, et al. How frequent does peri-implantitis occur? A systematic review and meta-analysis. *Clinical oral investigations* 2018;22:1805-1816.
26. Chan HL, Lin GH, Suarez F, MacEachern M, Wang HL. Surgical management of peri-implantitis: A systematic review and meta-analysis of treatment outcomes. *Journal of periodontology* 2014;85:1027-1041.
27. Tomasi C, Regidor E, Ortiz-Vigon A, Derks J. Efficacy of reconstructive surgical therapy at peri-implantitis-related bone defects. A systematic review and meta-analysis. *Journal of clinical periodontology* 2019;46:340-356.
28. Monje A, Pons R, Insua A, Nart J, Wang HL, Schwarz F. Morphology and severity of peri-implantitis bone defects. *Clinical Implant Dentistry and Related Research* 2019;21:635-643.
29. Monje A, Alcoforado G, Padial-Molina M, Suarez F, Lin GH, Wang HL. Generalized aggressive periodontitis as a risk factor for dental implant failure: A systematic review and meta-analysis. *Journal of periodontology* 2014;85:1398-1407.
30. de Waal YC, Raghoobar GM, Meijer HJ, Winkel EG, van Winkelhoff AJ. Prognostic indicators for surgical peri-implantitis treatment. *Clinical oral implants research* 2016;27:1485-1491.
31. Ravida A, Siqueira R, Saleh I, Saleh M, Giannobile A, Wang H. Lack

참고 문헌

- of clinical benefit of implantoplasty to improve implant survival rate. *Journal of Dental Research* 2020;99:1348-1355.
32. Levin L, Zigdon H, Coelho PG, Suzuki M, Machtei EE. Reimplantation of dental implants following ligature-induced peri-implantitis: a pilot study in dogs. *Clinical implant dentistry and related research* 2013;15:1-6.
 33. Anitua E, Pinas L, Begona L, Alkhraisat MH. Prognosis of Dental Implants Immediately Placed in Sockets Affected by Peri-implantitis: A Retrospective Pilot Study. *International Journal of Periodontics & Restorative Dentistry* 2017;37.
 34. Pons R, Carreno M, Amerio E, Gargallo-Albiol J, Nart J, Monje A. Hard tissue dimensional changes following implant removal due to peri-implantitis: A retrospective study. *Clinical Implant Dentistry and Related Research* 2021;23:432-443.
 35. Chrcanovic BR, Martins MD, Wennerberg A. Immediate placement of implants into infected sites: a systematic review. *Clinical implant dentistry and related research* 2015;17:e1-e16.
 36. Renvert S, Persson GR, Pirih FQ, Camargo PM. Peri-implant health, peri-implant mucositis, and peri-implantitis: Case definitions and diagnostic considerations. *Journal of clinical periodontology* 2018;45:S278-S285.
 37. Monje A, Blasi G. Significance of keratinized mucosa/gingiva on peri-implant and adjacent periodontal conditions in erratic maintenance compliers. *Journal of periodontology* 2019;90:445-453.
 38. Ueno D, Nagano T, Watanabe T, Shirakawa S, Yashima A, Gomi K. Effect of the keratinized mucosa width on the health status of peri-implant and contralateral periodontal tissues: a cross-sectional study. *Implant dentistry* 2016;25:796-801.
 39. Perussolo J, Souza AB, Matarazzo F, Oliveira RP, Araujo MG. Influence of the keratinized mucosa on the stability of peri-implant tissues and brushing discomfort: a 4-year follow-up study. *Clinical Oral Implants Research* 2018;29:1177-1185.
 40. Berglundh T, Persson L, Klinge B. A systematic review of the incidence of biological and technical complications in implant dentistry reported in prospective longitudinal studies of at least 5 years. *Journal of clinical periodontology* 2002;29:197-212.
 41. Pommer B, Hingsammer L, Haas R, et al. Denture-Related Biomechanical Factors for Fixed Partial Dentures Retained on Short Dental Implants. *International Journal of Prosthodontics* 2015;28.
 42. Rangert B, Krogh PH, Langer B, Van Roekel N. Bending overload and implant fracture: a retrospective clinical analysis. *International journal of oral & maxillofacial implants* 1995;10.
 43. Shemtov Y, Yona K, Rittel D, Machtei EE, Levin L. Effect of Dental Implant Diameter on Fatigue Performance. Part II: Failure Analysis. *Clinical implant dentistry and related research* 2014;16:178-184.
 44. Chrcanovic BR, Kisch J, Albrektsson T, Wennerberg A. Factors influencing the fracture of dental implants. *Clinical implant dentistry and related research* 2018;20:58-67.
 45. Anitua E, Murias-Freijo A, Pinas L, Tejero R, Prado R, Orive G. Nontraumatic implant explantation: a biomechanical and biological analysis in sheep tibia. *Journal of Oral Implantology* 2016;42:3-11.
 46. Anitua E, Murias-Freijo A, Alkhraisat MH. Conservative implant removal for the analysis of the cause, removal torque, and surface treatment of failed nonmobile dental implants. *Journal of Oral Implantology* 2016;42:69-77.
 47. Anitua E, Orive G. A new approach for atraumatic implant explantation and immediate implant installation. *Oral surgery, oral medicine, oral pathology and oral radiology* 2012;113:e19-e25.
 48. Marini E, Cisterna V, Messina AM. The removal of a malpositioned implant in the anterior mandible using piezosurgery. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology and Oral Radiology* 2013;115:e1-e5.
 49. Smith L, Rose T. Laser explantation of a failing endosseous dental implant. *Australian dental journal* 2010;55:219-222.
 50. Araujo MG, Lindhe J. Ridge alterations following tooth extraction with and without flap elevation: an experimental study in the dog. *Clinical oral implants research* 2009;20:545-549.
 51. Araujo MG, Lindhe J. Dimensional ridge alterations following tooth extraction. An experimental study in the dog. *Journal of clinical periodontology* 2005;32:212-218.
 52. Chappuis V, Engel O, Shahim K, Reyes M, Katsaros C, Buser D. Soft tissue alterations in esthetic postextraction sites: a 3-dimensional analysis. *Journal of dental research* 2015;94:187S-193S.
 53. Chappuis V, Engel O, Reyes M, Shahim K, Nolte L-P, Buser D. Ridge alterations post-extraction in the esthetic zone: a 3D analysis with CBCT. *Journal of dental research* 2013;92:195S-201S.
 54. Chappuis V, Araujo MG, Buser D. Clinical relevance of dimensional bone and soft tissue alterations post-extraction in esthetic sites. *Periodontology 2000* 2017;73:73-83.
 55. Zhou W, Wang F, Monje A, Elnayef B, Huang W, Wu Y. Feasibility of Dental Implant Replacement in Failed Sites: A Systematic Review. *International Journal of Oral & Maxillofacial Implants* 2016;31.