https://doi.org/10.14368/jdras.2025.41.1.1
ISSN 2384-4353 eISSN 2384-4272

Review Article

Implant failure caused by abutments from a biological and mechanical perspective

Jong-Min Lee, Eun-Bi Park, Seung-Yoon Ham, Soo-Yeon Shin, Young-Gyun Song*
Department of Prosthodontics, College of Dentistry, Dankook University, Cheonan, Republic of Korea

This review examines the influence of implant abutments on the success and failure of implant treatments. Through a review of 49 studies, it compares the characteristics of internal connection structures, external connection structures, substructures of internal connection abutments, and abutment materials, and present a selection guide suitable for the clinical situation based on the advantages and disadvantages of each abutment. In particular, we would like to look at the biological perspective of marginal bone loss and biocompatibility and the mechanical perspective of load distribution and fracture, which have a significant impact on the long-term stability and success rate of implants. **(J Dent Rehabil Appl Sci 2025;41(1):1-10)**

Key words: abutment; abutment failure; abutment type; abutment substructure; abutment material

서론

치과 임플란트는 부분 무치악 및 완전 무치악 환자에게 널리 사용되며, 높은 장기 생존율과 성공률을 보이는 치료법으로 알려져 있다.[1] 여러 장기 후향적 코호트 연구들은 임플란트 생존율에 영향을 미치는 다양한 요인들에 대하여 조사하였다. 임플란트에서 합병증 발생률은 약 40%에 달하며, 여기에는 단기적인 문제부터 골소실, 임플란트주위염과 같은 생리적/생물학적 합병증, 지대주나 나사 파절과 같은 기계적 합병증, 도재 파절, 지르코니아 파절, 시멘트 용해로 인한 탈락과 같은 보철물 합병증, 교합 합병증 등 다양한 형태가 포함된다.[2] 임플란트를 10년 이상 문제없이 사용하는 경우는 전체의 절반 이하에 불과하므로, 임플란트 치료에서의 합병증은 치과의사들이 피할 수 없는 중요한 문제로 인식된다.[3]

기계적 합병증 중, 특히 소구치 및 대구치 부위의 단일치아 임플란트 수복 시, 지대주의 나사풀림이 가장 흔하게 발생하는 합병증으로 보고되며,[4] 지대주 자체의 문제에 대한 연구는 지대주 나사풀림 등 같은 지대주와 관련된 문제에 대한 연구에 비해 적게 보고되고 있다.

지대주 관련 합병증은 크게 생물학적과 기계적 합병증으로 구분할 수 있다. 이를 예방하고 관리하기 위해서는 주기적인 임상 관찰이 필요하며, 합병증 발생 시 가능한 한 조기에 원인을 파악하고 적절한 대응을 하는 것이 중요하다. 또한, 합병증을 유발할 수 있는 위험 요인들을 사전에 인지하고 관리하는 것이 장기적인 임플란트 생존율 향상에 기여할 수 있다.[5]

본 문헌고찰에서는 임플란트 보철치료와 관련된 합병증 중 지대주 자체에 의한 실패를 중심으로, 생물학적 및 기계적 관점에서의 원인과 해결 방안을 논의하며, 임플란트 치료의 성공적인 진행을 위한 고려사항을 제시하고자 한다.

Pubmed, Google scholar에서 1992년부터 2024년 8월까지 발간된 영어/한글 논문 중 “abutment”, “abutment

*Correspondence to: Young-Gyun Song
Associate Professor, Department of Prosthodontics, College of Dentistry, Dankook University, 119, Dandae-ro, Dongnam-gu, Cheonan, 31116, Republic of Korea
Tel: +82-41-550-1932, Fax: +82-41-553-1258, E-mail: ygsong@dankook.ac.kr
Received: December 24, 2024/Last Revision: January 15, 2025/Accepted: January 26, 2025

Copyright© 2025 The Korean Academy of Stomatognathic Function and Occlusion.
©It is identical to Creative Commons Non-Commercial License.

biological", "abutment design", "abutment failure", "abutment fracture", "abutment material", "abutment mechanical", "abutment microgap", "abutment misfit", "abutment type", "external abutment", "implant abutment connection", "internal abutment", "titanium abutment", "zirconia abutment" 키워드를 검색하여 총 126편의 논문을 찾았다. 이 중, 본 연구의 주제와 관련이 없는 임플란트 고정체, 나사를 다룬 논문은 제외되었으며, 최종적으로 지대주와 관련된 재료, 디자인, 기계적/생리적 특성, 미세 간극 등과 관련된 49편의 논문이 선정되었다(Fig. 1).

문헌고찰

매립형(bone level) 임플란트의 지대주는 연결 구조에 따라 외부 연결형(external connection) 구조와 내부 연결형(internal connection) 구조가 있다(Fig. 2). 먼저 외부 연결형 구조는 브래네막 시스템에서 사용된 초기 방식으로, 회전 방지 기능을 제공하며 보철물의 적합성을 높이기 위해 개발되었다. 인상 채득 및 보철물 조정이 용이하다는 장점이 있으나 측방 하중에서 미세한 움직임과 미세 간격이 발생해 세균 침투 및 골 흡수를 유발할 수 있고 기능적 과부하 상태(예: 이갈이, 이악물기)에서는 사용을 피해야 한다는 단점이 있다. 이후 내부 연결형 구조는 외부 연결형의 단점을 개선하기 위해 개발되었고, 더 깊은 연결을 통해 하중을 균일하게 분산시켜 기계적 및 생물학적 안정성을 높였다. 여전히 미세 간격과 세균 침투가 발생할 수 있지만, 외부 연결형에 비해 그 정도가 적다고 보고하고 있다.[6]

지대주 형태에 따라 서로 다른 응력 분산의 형태를 보인다. 외부 연결형은 수직 하중에서 고정체 말단 부위에서 하중이 증가하나 상부의 접촉부에 더욱 집중되고 수평하중에서는 상부 접촉부에 집중되는 양상을 보인다. 내부 연결형 구조 구조에서는 수직 하중과 수평 하중 모두에서 고정체 말단 부위에 집중되었다.[7] 그 결과 지대주 파절은 외부 연결형보다 내부 연결형에서 주로 발생하였다. 12년간 임플란트 구성요소의 파절에 관한 연구에 따르면 내부 연결형의 지대주 파절이 전체 구성요소 중 가장 높은 파절 빈도를 나타내었다.[8] 실제 내부 연결형 구조와 외부 연결형 하중 실험 결과에서도 내부 연결형 구조에서 지대주의 파절이 발생하였다.[9] Yang 등[10]의 연구에서도 295명의 환자를 대상으로 945개의 임플란트를 1 -

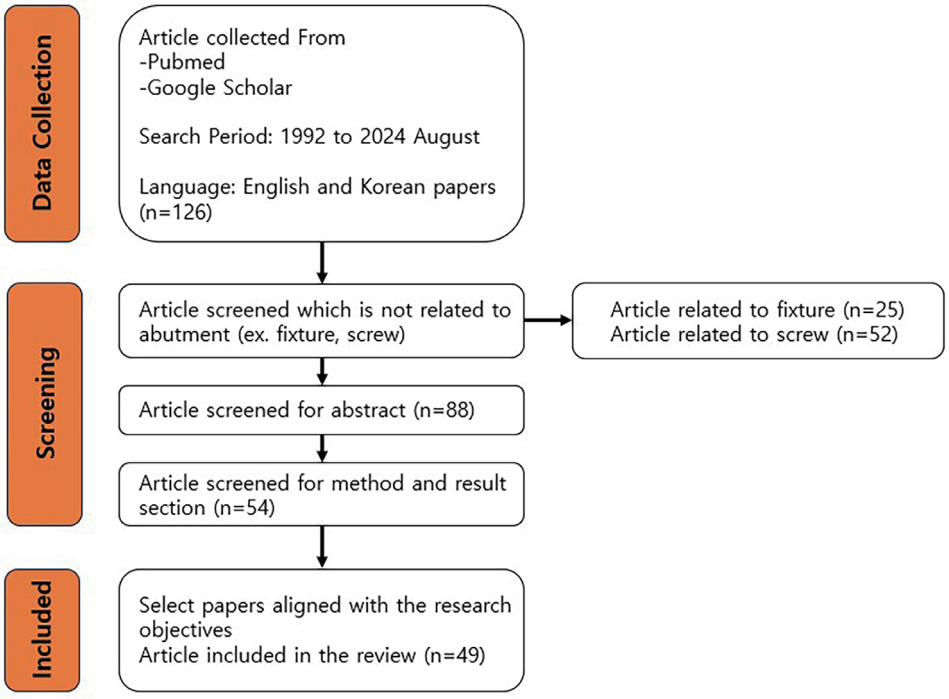

Fig. 1. Flow chart of article selection process.

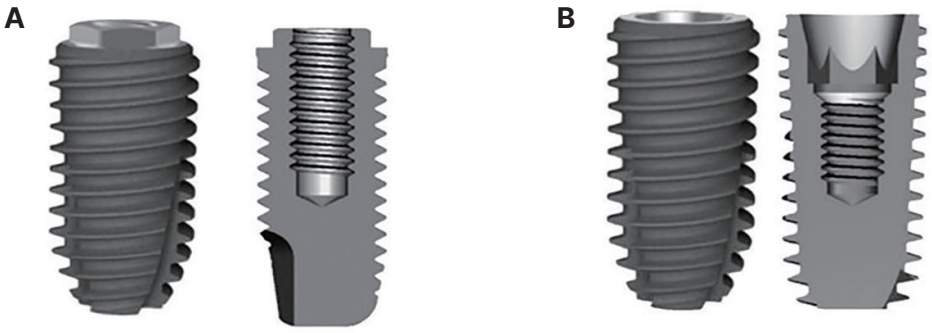

Fig. 2. (A) External hex abutment, (B) Internal hex abutment.

9년간 경과관찰한 결과 내부 연결형에서 주로 지대주의 파절이 발생하였다. 지대주의 파절은 성별, 지대주 형태, 임플란트 직경, 보철물의 종류 등 다양한 영향을 받는다고 하였으며 특히 남성 단일 대구치 수복시에 주로 발생한다고 보고하였다. 지대주 파절이 발생한 환자의 증례에서도 내부 연결형에서 주로 발생하였다.[11]

다만 지르코니아 지대주의 경우 기존 티타늄 지대주와 달리 외부 연결형에서 파절 발생 빈도가 높게 나타났다. 이는 응력의 분산이 잘 이루어지는 내부 연결형과 달리 외부 연결형은 지대주와 임플란트 접합부에 응력이 집중되었고 기존 티타늄 지대주만큼 강한 인장강도와 내구성을 갖추지 못한 지르코니아 지대주가 고정체 파절 이전에 먼저 손상된 것으로 보인다.[12,13]

내부 연결형 지대주의 진화된 형태로 내부 원추형 지대주가 도입되었다(Fig. 3). Bozkaya와 Mütfü는 내부 원추형 지대주가 다른 내부 연결형 지대주에 비하여 생체역학적으로 우수하다고 하였다.[14] 내부 원추형 지대주의 기계적 특성에 대한 영향이 많은 문헌에서 조사되었다.

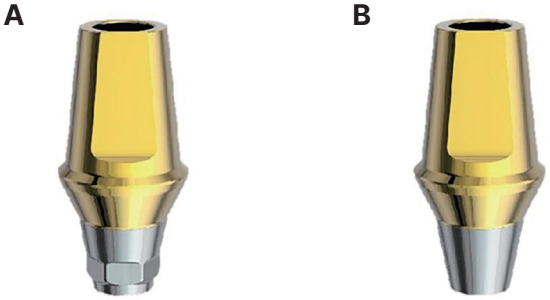

Fig. 3. (A) Internal hexagonal abutment, (B) Internal conical abutment.

미세 누출과 주변 골 소실에 대한 중요한 요소로 미세간격을 고려할 수 있다. 미세 간격은 타액 등이 유입되는 통로이자 박테리아가 서식지가 될 수 있고, 군집화된 박테리아는 염증 세포를 통해 임플란트 주변 연조직과 경조직의 형성에 영향을 미친다.[15,16]

주변 골에 대한 영향으로 Macedo 등[17]은 다른 내부 연결형 지대주에 비하여 내부 원추형 지대주가 미세 누출이 적고 안정성과 주변 골 소실에서 유리하다고 하였다.

미세 간격의 형성에 영향을 미치는 요인에 대하여 Saidin 등[18]은 지대주 하부의 다각형 구조가 회전에 대한 저항을 하므로, 내부 육각형 지대주가 내부 원추형 지대주에 비하여 미세움직임이 적다고 하였다. 회전에 대한 안정성 측면에서 내부 육각형 지대주가 내부 원추형 지대주에 비하여 유리할 수 있는 반면, Trusta 등[19]은 내부 원추형 지대주가 깊게 침하되어 있으므로 접촉 면적이 넓어 기계적 안정성이 높고 나사의 풀림이 적다고 하며, 내부 원추형 지대주의 압축력 또한 미세 간격을 최소화한다고 주장하였다(Table 1).

실제, 내부 육각형 지대주와 내부 원추형 지대주의 주변 골 소실에 대하여 3년간의 예후를 조사하는 연구에서 실제로 주변 골 소실에 대하여 내부 원추형 지대주가 우수한 결과를 보였다.[20] 미세 간격의 형성에 영향을 미치는 요소는 그 종류가 다양하고 내부 원추형 지대주가 미세간격의 관점에서 더욱 좋은 예후를 보이나 그 선택은 신중하게 고려되어야 한다.

지대주의 디자인뿐만 아니라, 정확하지 못한 체결로 인하여 미세간극이 발생할 수 있다. Uribarri 등[21]은 스캔과 밀링 과정에서의 오류가 적합성에 영향을 미칠 수 있음을 주장하였다. 일부 논문에서는 사용되는 재료에 대하여 연구하였다. 이중 중합형 레진 시멘트가 피막도가 높

Table 1. Analysis of microgap causing factors according to the substructure of internal abutment

Authors	Title	Year of publication	Summary
Saidin S, et al.[18]	Effects of different implant-abutment connections on micromotion and stress distribution: prediction of microgap formation	2012	Evaluation of micromovements based on rotational resistance - Internal hexagonal abutment has less micromovements than the internal conical abutment
Tsuruta K, et al.[19]	The influence of implant-abutment connection on the screw loosening and microleakage	2018	Characteristics of internal conical abutment - Excellent mechanical stability with a large contact area (Less screw loosening) - Compressive fit

아 글라스 아이오노머 시멘트에 비하여 미세간극이 클 것으로 예상되었으나 용해도에 의해서 유의한 큰 차이는 없었고, 티타늄 지대주가 자체의 연성으로 인하여 지르코니아 지대주에 비하여 미세간극이 적었다.[22,23] Ko 등[24]은 호환이 되는 지대주를 사용하는 경우 적합도가 저하된다고 주장하며, 같은 제조시기의 같은 회사의 제품을 사용하는 것의 중요성을 강조하였다.

응력이 집중되는 부위에는 기계적인 실패가 일어날 수 있다. Saidin 등과 Pessoa 등은 내부 원추형 지대주의 응력 분산에 대해 조사하였다. 내부 원추형 지대주는 전반적인 응력의 분산에 유리하나 매식체와 접촉하는 부위에 응력이 집중된다고 하였다.[18,25] 또한, Cho 등[26]은 내부 연결형 지대주를 매식체에 두 접촉점을 가지는 double engagement 지대주와 상부에서 하나의 접촉점을 가지는 single engagement 지대주로 분류하여 비교하였다. Double engagement가 응력의 분산에 유리하나 하부의 접촉점에서 응력이 집중되는 양상을 보였다.

몇몇 문헌에서 실제로 실패 양상에 대하여 조사되었는데, Freitas-Júnior 등[27]은 내부 원추형 지대주의 파절은 지대주가 고정체와 접촉하는 부분에서 발생함을 주장하였고, 전부도재 crown system에 사용된 내부 원추형 지대주에서도 동일한 결과를 확인할 수 있었다.[28] 지대주와 고정체가 접촉하는 부위에 응력이 집중되는 것이 실제 파절의 결과를 통해서도 확인되었다. Bordin 등[29]의 연구에서 내부 육각형 지대주는 지대주와 나사, 고정체에 모두 파절이 발생하였으나 내부 원추형 지대주는 고정체에서는 파절이 발생하지 않았다(Table 2). 파절이 발생한 후의 처치 관점에서, 내부 원추형 지대주는 다른 내부 연

Table 2. Fracture pattern analysis based on abutment substrcture

Authors	Title	Year of publication	Summary
Freitas-Júnior AC, et al.[27]	Reliability and failure modes of internal conical dental implant connections	2013	Fracture pattern analysis of internal conical abutments - Fracture occurs at the interface between the abutment and the implant fixture
Delben JA, et al.[28]	Influence of abutment-to-fixture design on reliability and failure mode of all-ceramic crown systems	2014	Fracture pattern analysis of internal conical abutments in all-ceramic crown systems - Fracture occurs at the interface between the abutment and the implant fixture
Bordin D, et al.[29]	Fatigue Failure of Narrow Implants with Different Implant-Abutment Connection Designs	2018	Fracture pattern analysis of internal hexagonal and internal conical abutments - Internal hexagonal abutments : fractures occur in the abutment, screw, and implant fixture - Internal conical abutments : no fracture occur in the implant fixture

결형 지대주에 비하여 처치의 필요성이 보철적인 요소에 한정되므로 더욱 간단하여 좋은 선택이 될 수 있다.

사용되는 티타늄과 지르코니아 지대주 중 기계적인 성질 면에서는 티타늄 지대주가 더 우수하다고 평가되지만, 생물학적 측면에서는 지르코니아 지대주가 더 우수하다고 주장하는 연구들도 있다.[30-32] 지르코니아 지대주는 표면이 매끈하여 세균 부착 및 염증 반응이 적고, 생체적합성이 우수하다. 거친 표면은 매끈한 표면에 비해 세균 증식 및 생물막(biofilm) 형성을 촉진시킬 수 있는데,[33,34] 상대적으로 거친 티타늄 지대주는 치태 축적이 많아 연조직에 미세한 염증을 유발할 가능성이 있으며,[35] 염증성 사이토카인(예: IL-1β, TNF-α) 수치가 증가하여 염증 반응을 촉진하고, 골손실의 위험을 높일 수 있다.[36]

생물학적 측면과는 다르게 기계적 성질 면에서 티타늄 지대주는 뛰어난 내구성을 지니며, 가장 우수한 기준(gold standard)으로 간주된다.[37] 그러나 티타늄의 어두운 색상은 주변에 영향을 미쳐 심미적으로 만족스럽지 않을 수 있다.[38,39] 이러한 문제를 해결하기 위해 고강도의 전부도재 지대주인 지르코니아 지대주가 개발되었다.[40,41]

지르코니아 지대주는 티타늄 지대주보다 우수한 심미성 및 생체적합성을 제공하며, 뛰어난 내구성을 지닌다고 평가하는 논문도 있지만,[42] 많은 연구에서 지르코니아 지대주보다 티타늄 지대주가 굽힘강도(bending moment) 및 피로강도(fatigue strength) 실험에서 더 우수한 결과를 보였다고 언급하고 있다.

Alsahhaf 등[43]의 연구에서 CAD/CAM으로 제작된 전부 지르코니아 지대주, 티타늄 지대주, 티타늄 베이스에 접착제로 결합된 지르코니아 지대주, 사전 제작된 전부 지르코니아 지대주, 티타늄 베이스에 유리접합(glass soldering)된 지르코니아 지대주를 사용하여 부하 검사(loading test)를 진행한 결과, 티타늄 지대주가 높은 굽힘강도와 파절 저항성을 보였으며, 지르코니아 지대주보다 우수한 성능을 나타냈다.

Truninger 등[44]의 연구에서도 지르코니아 지대주가 티타늄 지대주보다 굽힘강도가 약하다고 언급하였는데(Table 3), 이는 기계적 스트레스와 습기 노출로 인하여 저온열화현상[45] 및 지르코니아의 구조적 약화로 이어지기 때문이다.[46]

또한 티타늄 베이스에 접착제로 결합된 지르코니아 지대주나 티타늄 베이스에 유리접합된 지르코니아 지대주와 같은 two-piece 지르코니아 지대주는 one-piece 지르코니아 지대주보다 높은 굽힘강도 및 파절 저항성을 보였다.[47,48]

재료에 따라 파절 양상 또한 달라지는데, 지르코니아 지대주는 취성(brittle) 특성으로 인해 지대주 자체가 깨지는 형태의 파절이 발생하는 반면, 티타늄 지대주는 연성(ductile) 특성으로 인해 나사의 균열과 변형에 의한 파절이 발생한다.[49] 이러한 차이는 각 재료의 물리적 성질에 기인한 결과이다. 티타늄 지대주는 높은 연성과 강도로 인하여 변형이 발생하면서도 구조적으로 견딜 수 있는 반면, 지르코니아 지대주는 취성으로 인하여 파괴에 더 취약하다.

Table 3. Comparison between zirconia and titanium abutments

Authors	Title	Year of publication	Summary
Glauser R, et al.[42]	Experimental zirconia abutments for implant-supported single-tooth restorations in esthetically demanding regions: 4-year results of a prospective clinical study	2004	Long-term stability and biocompatibility of zirconia abutments in the anterior esthetic region - Aesthetic excellence and stability - Exceptional biocompatibility
Alsahhaf A, et al.[43]	Fracture resistance of zirconia-based implant abutments after artificial long-term aging	2017	Comparison of fracture resistance between zirconia and titanium abutments - Titanium abutments generally exhibit superior flexural strength and fracture resistance
Truninger TC, et al.[44]	Bending moments of zirconia and titanium abutments with internal and external implant-abutment connections after aging and chewing simulation	2012	Comparison of bending moments between zirconia and titanium abutments across different connection types - Titanium abutments demonstrate greater flexural strength

결론

지대주의 선택에 있어 여러가지 요소를 고려하여 상황에 맞는 적절한 지대주를 선택하는 것이 중요하다.

생물학적인 관점에서 외부 연결형 지대주는 측방력에 의해 미세움직임을 유발하고 미세 간격을 형성한다. 외부 연결형 지대주와 달리 내부 연결형 지대주는 미세누출이 적고 하중 분산에 유리하여 골에 대하여 높은 안정성을 보이므로 더욱 유리한 선택이 될 수 있다. 내부 연결형 지대주 중에서도 하부에 다각형 구조를 가지지 않는 내부 원추형 지대주는 기계적 안정성을 바탕으로 주변 골 흡수에 대하여 더욱 안정성을 보인다. 또한, 표면적인 특성으로 인하여 지르코니아 지대주의 경우 티타늄 지대주에 비하여 높은 생체적합성을 보인다. 이러한 생물학적인 예후의 안정성을 위하여 오체결의 방지가 추가적으로 고려되어야 한다. 적절한 스캔과 적절한 구성요소의 사용으로 오차를 줄이는 것이 필요하다.

기계적인 관점에서 내부 연결형 지대주에서 외부 연결형 지대주에 비하여 다수의 지대주 파절이 발생하였다. 지대주의 기계적 실패로 인한 임플란트의 실패를 고려한다면 외부 연결형 지대주가 더욱 우수한 선택이 될 수 있다. 내부 연결형 지대주는 하부 구조 형태에 따라 두 가지 요소에서 고려될 수 있다. 내부 원추형 지대주는 파절이 매식체에서 일어나지 않아 내부 육각형 지대주에 비하여 사후의 처치가 유리할 수 있다. 또한, 지대주와 매식체의 접촉점의 수에 따라 두 점에서 접촉하는 double engagement 지대주가 응력의 분산에 유리하나 하부의 접촉점에 응력이 집중되어 생기는 문제를 경계해야 한다. 지대주에 재료에 있어서 티타늄 지대주가 지르코니아 지대주에 비하여 강도가 높아 파절에 대하여 우수한 모습을 보여 높은 하중이 가해지는 구치부와 같은 상황에서 우선적으로 고려될 수 있다(Table 4).

ORCID

Jong-Min Lee https://orcid.org/0009-0002-3963-3553
Eun-Bi Park https://orcid.org/0009-0006-7023-8796
Seung-Yoon Ham https://orcid.org/0009-0000-9447-4490
Soo-Yeon Shin https://orcid.org/0000-0001-6160-7277
Young-Gyun Song https://orcid.org/0000-0003-3789-9585

References

1. Sanz-Martín I, Sanz-Sánchez I, Carrillo de Albornoz A, Figuero E, Sanz M. Effects of modified abutment characteristics on peri-implant soft tissue health: A systematic review and meta-analysis. Clin Oral Implants Res 2018;29:118-29.
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 (FDPs) after a mean observation period of at least 5 years. Clin Oral Implants Res 2012;23 Suppl 6:22-38.
3. Simonis P, Dufour T, Tenenbaum H. Long-term

Table 4. A selection guide suitable for the clinical situation based on the advantages of each abutments

Characteristics	Biological	Mechanical
Implant-abutment connection system	Internal connection - Low microleakage - High load distribution - High bone stability	External connection - Low abutment fracture
Abutment substructure	Internal conical - Mechanical stability - Low marginal bone loss	Internal conical - No fixture fracture Double engagement - High load distribution
Abutment ingredients	Zirconia - Better surface properties - High Biocompatibility	Titanium - High strength

implant survival and success: a 10-16-year follow-up of non-submerged dental implants. Clin Oral Implants Res 2010;21:772-7.
4. Lim JH, Lee MR, Cho IH. A study on the photoelastic analysis of stresses induced by the connection modalities between natural tooth abutment and dental implant. J Dankook Dent Res Inst 1992;4: 141-51.
5. Shin SY. Prosthodontic problems and complications associated with osseointegration. J Dent Rehabil Appl Sci 2015;31:349-57.
6. Ceruso FM, Barnaba P, Mazzoleni S, Ottria L, Gargari M, Zuccon A, Bruno G, DI Fiore A. Implant-abutment connections on single crowns: a systematic review. Oral Implantol (Rome) 2017;10:349-53.
7. Maeda Y, Satoh T, Sogo M. In vitro differences of stress concentrations for internal and external hex implant-abutment connections: a short communication. J Oral Rehabil 2006;33:75-8.
8. Yi Y, Koak JY, Kim SK, Lee SJ, Heo SJ. Comparison of implant component fractures in external and internal type: A 12-year retrospective study. J Adv Prosthodont 2018;10:155-62.
9. Dittmer S, Dittmer MP, Kohorst P, Jendras M, Borchers L, Stiesch M. Effect of implant-abutment connection design on load bearing capacity and failure mode of implants. J Prosthodont 2011;20:510-6.
10. Yang F, Ruan Y, Liu Y, Chen J, Chen Y, Zhang W, Ding Y, Wang L. Abutment mechanical complications of a Morse taper connection implant system: A 1- to 9-year retrospective study. Clin Implant Dent Relat Res 2022;24:683-95.
11. Imakita C, Shiota M, Yamaguchi Y, Kasugai S, Wakabayashi N. Failure analysis of an abutment fracture on single implant restoration. Implant Dent 2013;22:326-31.
12. Sen N, Us YO. Fatigue survival and failure resistance of titanium versus zirconia implant abutments with various connection designs. J Prosthet Dent 2019;122:315.e1-7.
13. Sailer I, Asgeirsson AG, Thoma DS, Fehmer V, Aspelund T, Özcan M, Pjetursson BE. Fracture strength of zirconia implant abutments on narrow diameter implants with internal and external implant abutment connections: A study on the titanium resin base concept. Clin Oral Implants Res 2018;29:411-23.
14. Bozkaya D, Müftü S. Mechanics of the tapered interference fit in dental implants. J Biomech 2003; 36:1649-58.
15. Quirynen M, van Steenberghe D. Bacterial colonization of the internal part of two-stage implants. An in vivo study. Clin Oral Implants Res 1993;4: 158-61.
16. Jones AA, Cochran DL. Consequences of implant design. Dent Clin North Am 2006;50:339-60.
17. Macedo JP, Pereira J, Vahey BR, Henriques B, Benfatti CAM, Magini RS, López-López J, Souza JCM. Morse taper dental implants and platform switching: The new paradigm in oral implantology. Eur J Dent 2016;10:148-54.
18. Saidin S, Abdul Kadir MR, Sulaiman E, Abu Kasim NH. Effects of different implant-abutment connections on micromotion and stress distribution: prediction of microgap formation. J Dent 2012;40: 467-74.
19. Tsuruta K, Ayukawa Y, Matsuzaki T, Kihara M, Koyano K. The influence of implant-abutment connection on the screw loosening and microleakage. Int J Implant Dent 2018;4:11.
20. Corvino E, Pesce P, Camodeca F, Moses O, Iannello G, Canullo L. Clinical and radiological outcomes of implants with two different connection configurations: A randomised controlled trial. Int J Oral Implantol (Berl) 2020;13:355-68.
21. Uribarri A, Bilbao-Uriarte E, Segurola A, Ugarte D, Verdugo F. Marginal and internal fit of CAD/CAM frameworks in multiple implant-supported restorations: Scanning and milling error analysis. Clin Implant Dent Relat Res 2019;21:1062-72.
22. Pereira LMS, Sordi MB, Magini RS, Calazans Duarte AR, Souza JCM. Abutment misfit in implant-supported prostheses manufactured by casting technique: An integrative review. Eur J Dent 2017; 11:553-8.
23. Barbosa SA Jr, Bacchi A, Barão VAR, Silva-Souza YT, Bruniera JF, Caldas RA, Consani RLX. Implant Volume Loss, Misfit, Screw Loosening, and Stress In Custom Titanium and Zirconia Abutments. Braz

Dent J 2020;31:374-9.
24. Ko KH, Park JH, Cho LR. Considerations for Fabrication of CAD-CAM Abutments: Part I. Selection of Titanium Block and Fabrication Process. Implantology 2019;23:46-58.
25. Pessoa RS, Muraru L, Júnior EM, Vaz LG, Sloten JV, Duyck J, Jaecques SV. Influence of implant connection type on the biomechanical environment of immediately placed implants - CT-based nonlinear, three-dimensional finite element analysis. Clin Implant Dent Relat Res 2010;12:219-34.
26. Cho SY, Huh YH, Park CJ, Cho LR. Three-Dimensional Finite Element Analysis of the Stress Distribution at the Internal Implant-Abutment Connection. Int J Periodontics Restorative Dent 2016;36: e49-58.
27. Freitas-Júnior AC, Almeida EO, Bonfante EA, Silva NR, Coelho PG. Reliability and failure modes of internal conical dental implant connections. Clin Oral Implants Res 2013;24:197-202.
28. Delben JA, Barão VA, Ferreira MB, da Silva NR, Thompson VP, Assunção WG. Influence of abutment-to-fixture design on reliability and failure mode of all-ceramic crown systems. Dent Mater 2014;30:408-16.
29. Bordin D, Witek L, Fardin VP, Bonfante EA, Coelho PG. Fatigue Failure of Narrow Implants with Different Implant-Abutment Connection Designs. J Prosthodont 2018;27:659-64.
30. Bidra AS, Rungruanganunt P. Clinical outcomes of implant abutments in the anterior region: a systematic review. J Esthet Restor Dent 2013;25:159-76.
31. Linkevicius T, Vaitelis J. The effect of zirconia or titanium as abutment material on soft peri-implant tissues: a systematic review and meta-analysis. Clin Oral Implants Res 2015;26 Suppl 11:139-47.
32. Rimondini L, Cerroni L, Carrassi A, Torricelli P. Bacterial colonization of zirconia ceramic surfaces: an in vitro and in vivo study. Int J Oral Maxillofac Implants 2002;17:793-8.
33. Teughels W, Van Assche N, Sliepen I, Quirynen M. Effect of material characteristics and/or surface topography on biofilm development. Clin Oral Implants Res 2006;17 Suppl 2:68-81.
34. Quirynen M, Bollen CM, Papaioannou W, Van Eldere J, van Steenberghe D. The influence of titanium abutment surface roughness on plaque accumulation and gingivitis: short-term observations. Int J Oral Maxillofac Implants 1996;11:169-78.
35. Halim FC, Pesce P, De Angelis N, Benedicenti S, Menini M. Comparison of the Clinical Outcomes of Titanium and Zirconia Implant Abutments: A Systematic Review of Systematic Reviews. J Clin Med 2022;11:5052.
36. Abu Al-Faraj TM, Alsubhi BM, Almarhoon AN, Almarshoud AA, Alqattan MS, Alqahtani SH, Al Osaimi AA, Saad Alshammari L, Almakrami AI, Alwadai YS. Comparison of Peri-Implant Soft Tissue Around Zirconia and Titanium Abutments in the Aesthetic Zone: A Narrative Review. Cureus 2024;16:e65782.
37. Andersson B, Odman P, Lindvall AM, Lithner B. Single-tooth restorations supported by osseointegrated implants: results and experiences from a prospective study after 2 to 3 years. Int J Oral Maxillofac Implants 1995;10:702-11.
38. Sailer I, Pjetursson BE, Zwahlen M, Hämmerle CH. A systematic review of the survival and complication rates of all-ceramic and metal-ceramic reconstructions after an observation period of at least 3 years. Part II: Fixed dental prostheses. Clin Oral Implants Res 2007;18 Suppl 3:86-96.
39. Sailer I, Zembic A, Jung RE, Hämmerle CH, Mattiola A. Single-tooth implant reconstructions: esthetic factors influencing the decision between titanium and zirconia abutments in anterior regions. Eur J Esthet Dent 2007;2:296-310.
40. Prestipino V, Ingber A. Esthetic high-strength implant abutments. Part I. J Esthet Dent 1993;5:29-36.
41. Prestipino V, Ingber A. Esthetic high-strength implant abutments. Part II. J Esthet Dent 1993;5:63-8.
42. Glauser R, Sailer I, Wohlwend A, Studer S, Schibli M, Schärer P. Experimental zirconia abutments for implant-supported single-tooth restorations in esthetically demanding regions: 4-year results of a prospective clinical study. Int J Prosthodont 2004; 17:285-90.
43. Alsahhaf A, Spies BC, Vach K, Kohal RJ. Fracture

resistance of zirconia-based implant abutments after artificial long-term aging. J Mech Behav Biomed Mater 2017;66:224-32.
44. Truninger TC, Stawarczyk B, Leutert CR, Sailer TR, Hämmerle CH, Sailer I. Bending moments of zirconia and titanium abutments with internal and external implant-abutment connections after aging and chewing simulation. Clin Oral Implants Res 2012;23:12-8.
45. Swab JJ. Low temperature degradation of Y-TZP materials. J Mater Sci 1991;26:6706-14.
46. Guazzato M, Albakry M, Ringer SP, Swain MV. Strength, fracture toughness and microstructure of a selection of all-ceramic materials. Part II. Zirconia-based dental ceramics. Dent Mater 2004;20:449-56.
47. Butz F, Heydecke G, Okutan M, Strub JR. Survival rate, fracture strength and failure mode of ceramic implant abutments after chewing simulation. J Oral Rehabil 2005;32:838-43.
48. Yilmaz B, Salaita LG, Seidt JD, McGlumphy EA, Clelland NL. Load to failure of different zirconia abutments for an internal hexagon implant. J Prosthet Dent 2015;114:373-7.
49. Apicella D, Veltri M, Balleri P, Apicella A, Ferrari M. Influence of abutment material on the fracture strength and failure modes of abutment-fixture assemblies when loaded in a bio-faithful simulation. Clin Oral Implants Res 2011;22:182-8.

생물학적, 기계적 관점에서 바라본 지대주에 의한 임플란트의 실패

이종민 대학원생, **박은비** 대학원생, **함승윤** 대학원생, **신수연** 교수, **송영균*** 부교수
단국대학교 치과대학 치과보철학교실

본 종설은 임플란트 지대주가 임플란트 치료의 성공과 실패에 미치는 영향을 고찰하였다. 49개의 문헌 고찰을 통하여 내부연결형 구조와 외부연결형 구조, 내부 연결형 지대주의 하부 구조 및 지대주의 재료에 관하여 특성을 비교하며, 각 지대주의 장단점을 바탕으로 임상 상황에 적합한 선택 가이드를 제시하고자 한다. 특히, 임플란트의 장기적인 안정성과 성공률에 중요한 영향을 미치는 주변 골 소실 및 생체적합성의 생물학적인 관점과 하중 분산 및 파절의 기계적인 관점에 관하여 살펴보고자 한다.

(구강회복응용과학지 2025;41(1):1-10)

주요어: 지대주; 지대주 실패; 지대주 종류; 지대주 하부구조; 지대주 재료

*교신저자: 송영균
(31116)충청남도 천안시 동남구 단대로 119 단국대학교 치과대학 치과보철학교실
Tel: 041-550-1932 | Fax: 041-553-1258 | E-mail: ygsong@dankook.ac.kr
접수일: 2024년 12월 24일 | 수정일: 2025년 1월 15일 | 채택일: 2025년 1월 26일