

임플란트의 나사 디자인, 해면골의 골질, 그리고 피질골의 두께가 초기 안정도에 미치는 영향

현 기, 김민석¹, 김영각, 황석현, 김재만, 주 총¹, 최연조², 전상호, 류재준², 권종진
고려대학교 안암병원 치과 구강악안면외과, ¹고려대학교 임상치의학대학원, ²고려대학교 안암병원 치과 보철과

Effect of thread design, trabecular density, and cortical thickness on the primary stability of implant

Ki Hyun, Min-suk Kim¹, Young-kak Kim, Suk-hyun Hwang, Jae-man Kim, Cong Zhou¹, Yeon-jo Choi², Sang-ho Jun, Jae-jun Ryu², Jong-jin Kwon

Division of Oral and Maxillofacial Surgery, Department of Dentistry, Korea University Anam Hospital, ¹Graduate School of Clinical Dentistry, Korea University, ²Division of Prosthodontics, Department of Dentistry, Korea University Anam Hospital, Medical Center, Seoul, Korea

Purpose: The purpose of study was to analyze the influence on the implant design, density of cancellous bone and thickness of cortical bone to the implant primary stability.

Materials and Methods: A total of 144 implants (4.0×10 mm) were installed in 24 artificial bones. Implants were divided into 3 groups. Artificial bones were divided into 4 groups.

Results: There was statistical significance among ITV, ISQ, PTV ($p < 0.05$). Element that effects to primary stability, D3 bone has been above D4 bone. Primary stability has been influenced according to existence of cortical bone and has shown a great level as cortical bone is 2 mm. The B implant has shown the highest primary stability level among the three types of Implants: macro thread > double micro, macro and micro thread > macro and micro thread. The degrees of the factors affecting primary stability: implant fixture > cortical bone > cancellous bone type.

Conclusions: There has been a close correlation among the results of three stability measuring devices (ITV, ISQ, PTV). The fixture types of Implant have been the biggest influences to primary stability among all the factors. (JOURNAL OF DENTAL IMPLANT RESEARCH 2013;32(1):11-16)

Key Words: Primary stability, Artificial bones, Thread design, Trabecular density, Cortical thickness

서 론

임플란트는 치아가 상실된 환자에 있어 예측가능하고 안정적인 치료법으로, 술식이 발전하면서 술자와 환자 모두 더 빠르고 편한 치료법을 원하게 되었다^{1,2}. 이에 임플란트의 식립 후 즉시 하중을 가하는 immediate loading 술식이 보편화되고 있다. 이러한 임플

란트의 술식을 시행하기 위해서는 primary stability 값이 충분히 높아야 하고, 이는 immediate loading 판단하는 가장 중요한 인자이다^{3,4}. 임플란트의 안정도에는 환자, 임플란트와 관련된 요소가 영향을 준다^{5,6}. Alsaadi 등⁷은 해면골 대비 피질골의 비율이 증가할수록 임플란트의 성공률이 증가한다 하였고, Pikner 등⁸은 해면골의 골질이 soft할수록 임플란트의 성공률이 감소한다고 하였다.

Received January 10, 2013. Revised February 20, 2013. Accepted March 7, 2013.

©This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

교신저자: 권종진, 136-705, 서울시 성북구 안암동 5가, 고려대학교 안암병원 치과 구강악안면외과

Correspondence to: Jong-jin Kwon, Division of Oral and Maxillofacial Surgery, Department of Dentistry, Korea University Anam Hospital, Anam-dong 5-ga, Seongbuk-gu, Seoul 136-705, Korea. Tel: +82-2-920-5786, Fax: +82-2-921-7348, E-mail: kwonjj@korea.ac.kr

Chu 등⁹⁾은 임플란트 thread의 디자인이 bone stress에 영향을 미친다고 하였고, Brånemark 등¹⁰⁾은 임플란트 neck 부위의 유한 요소 분석 결과 retention element (micro thread)가 marginal bone의 유지에 필요한 기계적인 자극을 유도한다고 나사산이 적절한 외형을 가질 때 효과적이라고 하였다. Immediate loading을 위해서는 안정도에 대한 정량적인 측정이 필요하고, 즉시하중 여부를 결정하는 기준점으로 사용될 수 있다. Pommer 등¹¹⁾은 다양한 측정 방법 중 ITV와 ISQ와 PTV 간에 통계적으로 유의한 관련성이 있다고 하였다. 본 연구의 목적은 초기안정도 측정계수간의 상관관계를 평가하고, 임플란트의 디자인, 해면골의 골질, 그리고 피질골의 두께가 임플란트의 초기 안정도에 미치는 영향을 평가하는 것이다.

대상 및 방법

1. 실험 재료 및 임플란트

D3 2 mm cortical bone 6개, D4 2 mm cortical bone 6개, D3 0 mm cortical bone 6개, D4 0mm cortical bone 6개의 총 24개의 artificial bone을 준비하였다.(Fig. 1) 실험에 사용된 임플란트는 직경 4.0 mm, 길이 10 mm의 총 144개의 임플란트가 사용되었고, 세 개의 그룹으로 나누었는데 각 그룹의 임플란트 개수는 48개였다. 그룹 1은 micro thread, macro thread design의

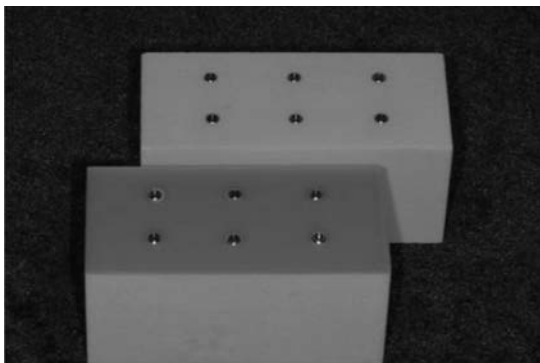


Fig. 1. Artificial bone (Sawbones, Pacific Research Laboratories, Washington, USA).

N사의 A implant,(Fig. 2) 그룹 2는 macro thread design을 가진 N사의 B implant,(Fig. 3) 그룹 3은 double micro thread, micro thread, macro thread를 가진 C사의 C implant (Fig. 4)이다.

2. 실험 방법

1) 임플란트 안정도 측정 방법

(1) 식립 토크(Insertion Torque Value): KaVo[®] 임플란트 엔진과 핸드피스를 이용하여 임플란트 식립시 최고 값을 측정하였다.

(2) Periotest[®]: Periotest[®] (Siemens AG, Germany) 원리는 치아 동요도에 따른 접촉시간의 차이를 이용하여 안정성을 측정하는 것으로, 수치는 PTV로 -8 (낮은 동요도)에서 +50 (높은 동요도)까지 표시된다. PTV가 +값의 경우 골유착 실패로 보고 있고, -값으로 절대 수치가 커질수록 골과 임플란트의 결합이 잘 이루어짐을 의미한다.

(3) Implant Stability Quotient: 공명진동수 분석(RFA)은 Osstell[™] Mentor (Integration Diagnostics Ltd., Sweden)라는 장치를 사용하여 측정하였으며, 공진주파수 값(Resonance Frequency Value: RFV)이 임플란트 고정계수(ISQ)라고 명명된 1~100사이의 계수로 변환되어 장치에 표시된다. ISQ 수치가 높을수록 높은 안정성을 의미한다.

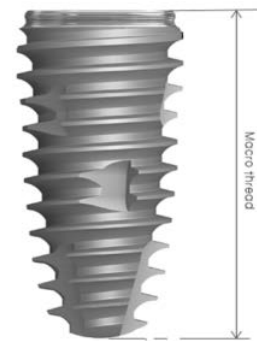


Fig. 3. B implant (N co., Seoul, Korea).

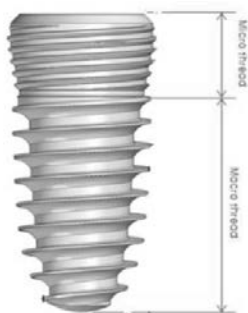


Fig. 2. A implant (N co., Seoul, Korea).

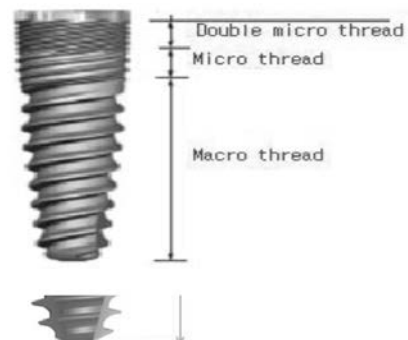


Fig. 4. C implant (C co., Seoul, Korea).

3. 통계

초기안정도 측정계수간의 상관관계를 평가하기 위해 SAS 9.2 프로그램을 사용하여 측정된 ITV, ISQ, PTV 값을 피어슨 상관관계 분석 및 다중회기 분석을 시행하였다. Implant fixture thread의 외형, cortical bone의 두께, cancellous bone type에 따른 안정도 측정값의 정규분포를 조사하고 각각의 유의성(p<0.05)을 평가하였다.

결 과

1. 안정도 검사결과 및 통계 분석 결과

피어슨 상관관계 분석결과, 세 가지 안정도 측정장치 결과 값은 서로 높은 상관관계가 있었다. ITV와 ISQ 간의 피어슨 상관 계수는 0.88604 (p<0.0001), ITV와 PTV 간의 피어슨 상관계수는 -0.89468 (p<0.0001), ISQ와 PTV 간의 피어슨 상관계수는 -0.95076 (p<0.0001)로, 서로 높은 상관관계를 나타내었다.(Fig. 5)

	ITV	ISQ	PTV
ITV	1	0.88604	-0.89468
ISQ	0.88604	1	-0.95076
PTV	-0.89468	-0.95076	1
	<.0001	<.0001	<.0001

Fig. 5. Pearson correlation coefficient (ITV, ISQ, PTV).

2. 임플란트 초기 안정도에 영향을 미치는 요소를 평가하기 위해 다중회기 분석 중 일반화 선형모형(Generalized linear model) 분석 결과

1) ITV

Cancellous bone type에 따라 D3, D4 2가지로 나누었고, cortical bone의 두께에 따라 0 mm, 2 mm로 나누었으며, 임플란트 thread design에 따라 세 종류(A, B, C)로 분류하였다. 일반화 선형모형 분석 결과 D4 cancellous bone bone의 값을 0으로 할 때, D3 bone이 6.2083이 나와 D3 bone이 상대적으로 더 높은 ITV값을 나타냈다(p<0.0001).(Fig. 6) Cortical bone을 평가했을 때 cortical bone 두께를 2 mm일 때를 0으로 할 때, 0 mm cortical bone 값이 -7.0417이 나와, cortical bone이 2 mm였을 때 더 높은 ITV값을 나타냈다(p<0.0001).(Fig. 7) 임플란트 나사 디자인 종류에서 B 임플란트를 0으로 할 때, A가 -21.0833, C가 -19.9375가 나와 B의 ITV값이 가장 높았으며, 그 다음이 C, 마지막으로 A 임플란트 순이었다(p<0.0001).(Fig. 8) 해면골의 bone type, 피질골의 두께, 임플란트의 나사 디자인 종류에 따른 값을 평가했을 때 임플란트의 종류, 피질골의 두께차이, 그리고 해면골의 골질 순으로 절대 값의 차이가 감소하였다. 본 실험에의 통계

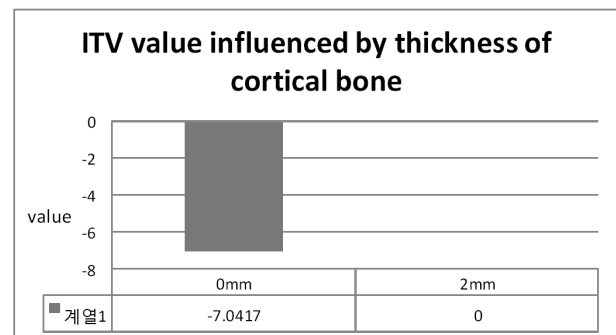


Fig. 7. ITV value influenced by density of thickness of cortical bone (p<0.0001).

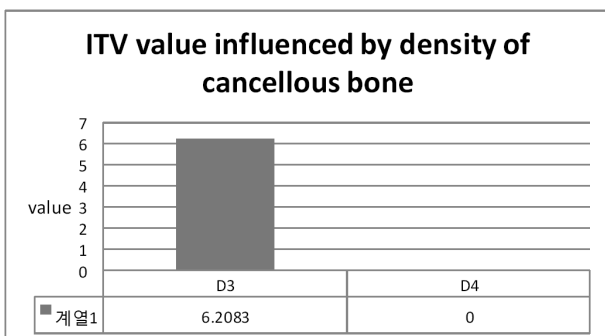


Fig. 6. ITV value influenced by density of cancellous bone (p<0.0001) (Estimated value form the sample).

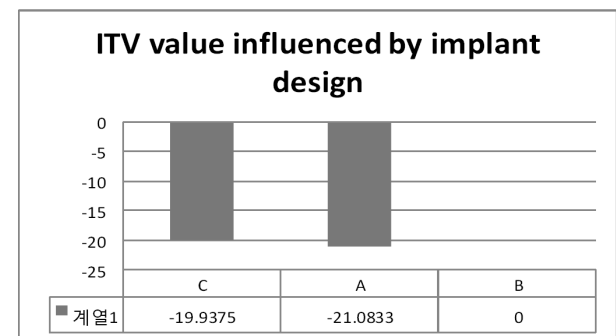


Fig. 8. ITV value influenced by implant design (p<0.0001).

결과 Insertion Torque Value 값에 가장 크게 영향을 끼치는 것은 임플란트 나사 디자인의 종류 차이임을 알 수 있다.

2) ISQ

D4 cancellous bone bone의 값을 0으로 할 때, D3 bone이 3.1806 이 나와 D3 bone이 상대적으로 더 높은 ISQ 값을 나타냈다($p < 0.0001$). (Fig. 9) Cortical bone을 평가했을 때 cortical bone 두께를 2 mm일 때를 0으로 할 때, 0 mm cortical bone

값이 -8.5139 이 나와, cortical bone이 2 mm였을 때 더 높은 ISQ 값을 나타냈다($p < 0.0001$). (Fig. 10) 임플란트 나사 디자인 종류에서 B 임플란트를 0으로 할 때, A가 -9.6458 , C가 -8.9375 가 나와 B의 ISQ값이 가장 높았으며, 그 다음이 C, 마지막으로 A 임플란트 순이었다($p < 0.0001$). (Fig. 11) 해면골의 bone type, 피질골의 두께, 임플란트의 나사 디자인 종류에 따른 값을 평가했을 때 임플란트의 종류, 피질골의 두께차이, 그리고 해면골의 골질 순으로 절대 값의 차이가 감소하였다. ISQ 값에 가장 크게 영향을 끼치는

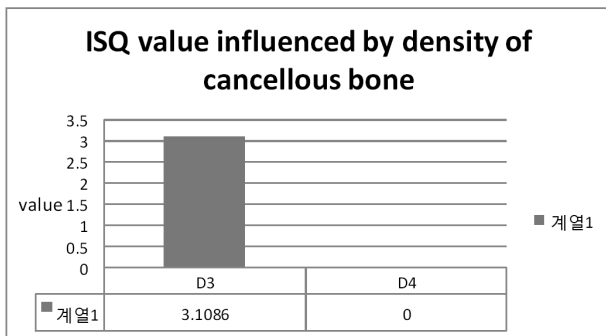


Fig. 9. ISQ value influenced by density of cancellous bone ($p < 0.0001$).

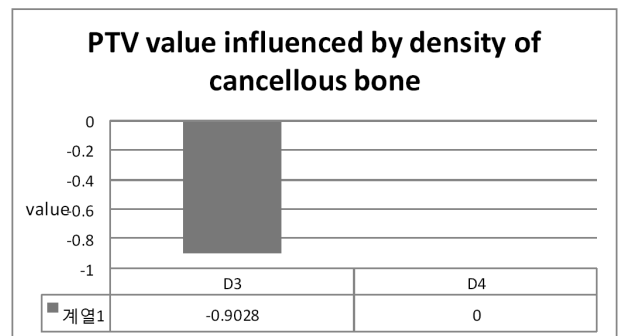


Fig. 12. PTV value influenced by density of cancellous bone ($p < 0.0001$).

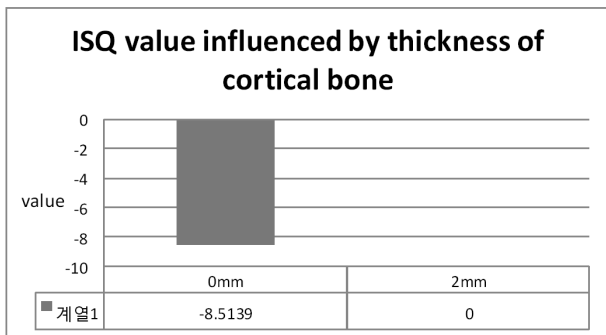


Fig. 10. ISQ value influenced by thickness of cortical bone ($p < 0.0001$).

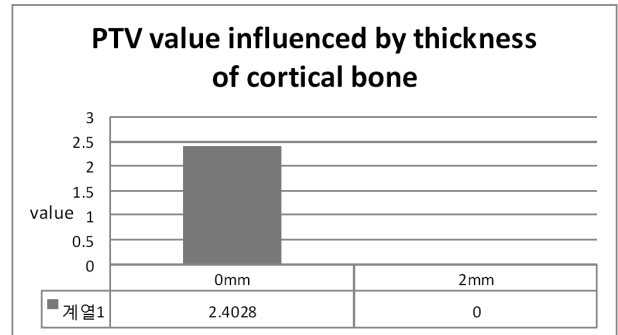


Fig. 13. PTV value influenced by thickness of cortical bone ($p < 0.0001$).

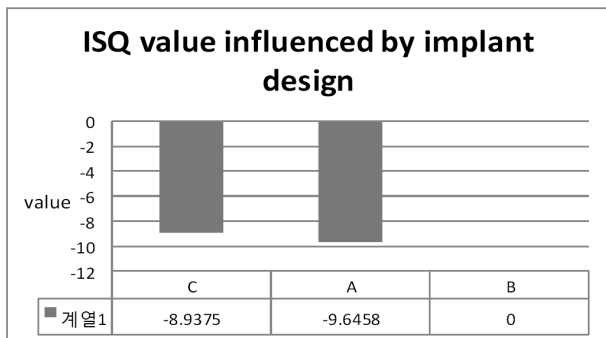


Fig. 11. ISQ value influenced by implant design ($p < 0.0001$).

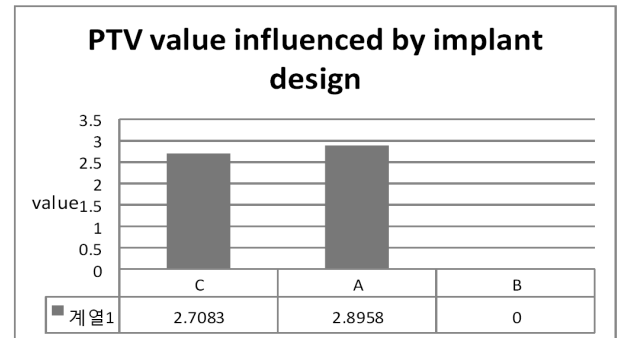


Fig. 14. PTV value influenced by implant design ($p < 0.0001$).

것은 임플란트 나사 디자인의 종류 차이임을 알 수 있다.

3) PTV

D4 cancellous bone bone의 값을 0으로 할 때, D3 bone이 -0.9028 이 나와 D3 bone이 상대적으로 더 낮은 PTV값을 나타냈다($p < 0.0001$). (Fig. 12) Cortical bone을 평가했을 때 cortical bone 두께를 2 mm일 때를 0으로 할 때, 0 mm cortical bone값이 2.4028 이 나와, cortical bone이 2 mm였을 때 더 낮은 PTV값을 나타냈다($p < 0.0001$). (Fig. 13) 임플란트 나사 디자인 종류에서 B 임플란트를 0으로 할 때, A가 2.8958, C가 2.7083가 나와 B의 PTV값이 가장 낮았으며, 그 다음이 C, 마지막으로 A 임플란트 순으로 높아졌다($p < 0.0001$). (Fig. 14) 해면골의 bone type, 피질골의 두께, 임플란트의 나사 디자인 종류에 따른 값을 평가했을 때 임플란트의 종류, 피질골의 두께차이, 그리고 해면골의 골질 순으로 절대 값의 차이가 감소하였다. PTV 값에 가장 크게 영향을 끼치는 것은 임플란트 나사 디자인의 종류 차이임을 알 수 있다.

고 찰

임플란트 안정도는 임플란트 식립 시, 골에서 기계적으로 얻어지는 일차적 안정도와 식립 후 임플란트가 새로운 골과 결합, 즉 골유착 되면서 생물학적으로 얻어 지는 이차적 안정도의 두 가지로 구분하여 볼 수 있고, 임플란트의 안정도는 이러한 일차적 안정도와 이차적 안정도의 총합으로 볼 수 있다. 결과적으로 골유착 단계에서는 초기에 얻은 기계적인 안정도가 떨어지고, 생물학적 안정도는 천천히 증가하여 낮은 안정도를 보이는 stability dip이 발생한다¹²⁾. 결과적으로 임플란트의 안정도를 높이기 위해서 일차 고정값이 충분히 높아야 하며, 임상적으로 높은 일차고정은 immediate loading을 시행할지 여부를 판단하는 가장 중요한 인자이다¹³⁻¹⁶⁾. 임플란트의 일차 고정값에 영향을 미치는 다양한 요소 중, 본 연구에서는 임플란트의 나사 디자인, 해면골의 골질, 그리고 피질골의 두께가 초기 임플란트의 초기 안정도에 미치는 영향을 평가하였다.

이번 실험에서는 각각의 임플란트를 artificial bone에 식립하여 ITV, ISQ, PTV 값을 측정하였다^{17,18)}. 피어슨 상관관계 분석결과 세가지 안정도 측정장치 결과 값은 서로 높은 상관관계가 있었다. (Fig. 5) ITV와 ISQ 간의 피어슨 상관 계수는 0.88604 ($p < 0.0001$), ITV와 PTV 간의 피어슨 상관계수는 -0.89468 ($p < 0.0001$), ISQ와 PTV 간의 피어슨 상관계수는 -0.95076 ($p < 0.0001$)로, 서로 높은 상관관계를 나타내었다. 안정도가 높을수록 양의 값을 나타내는 ITV와 ISQ와는 달리 PTV는 안정도가 높을수록 음의 값을 갖기 때문에, 음의 상관 계수이지만 높은 절대 값을 갖고 있으므로 ISQ, PTV, ITV는 서로 높은 상관관계를 나타낸다 할 수 있다.

다중회기 분석 중 일반화 선형모형(Generalized linear mod-

el)을 이용한 결과 초기안정도 측정계수에 영향을 미치는 요소로서, D3 bone이 D4 bone 보다 통계적으로 높은 값(PTV는 낮은 값)을 나타냈으며 cortical bone의 유무에서는 cortical bone이 2 mm 일때 높은 값(PTV는 낮은 값)을 나타냈다. 3가지 종류의 임플란트를 평가했을 때 IS2 active에서 가장 높은 ITV, ISQ와 낮은 PTV값을 나타냈다. ITV, ISQ, PTV에 영향을 미치는 요소들(bone type, cortical bone의 유무, implant fixture thread 디자인 종류) 중에서 가장 큰 영향을 미친 요소는 임플란트 fixture thread 디자인의 종류였다. 그 다음이 cortical bone의 두께, 해면골질의 차이 순으로 감소하였다.

결 론

세가지 안정도 측정장치 결과 모든 요소들이 임플란트의 안정도에 영향을 끼치고 있는 것으로 평가 되었으며, 그 순서는 implant fixture thread의 디자인, cortical bone의 두께, 그리고 bone type 순이었다. 본 실험 결과 N사의 B 임플란트가 C사의 C임플란트나 N사의 A 임플란트 보다 초기 안정성이 높게 나타났다. 임플란트의 초기안정도는 해면골의 골질이나 피질골의 두께보다 임플란트 fixture thread의 디자인에 더 큰 영향을 받으며, 특히 macro thread 디자인을 갖고 있는 N사의 B 임플란트가 가장 우수한 초기 안정성을 보였다.

REFERENCES

- Guckes AD, Scurria MS, Shugars DA. A conceptual framework for understanding outcomes of oral implant therapy. *J Prosthet Dent* 1996;75:633-9.
- Geckili O, Bilhan H, Bilgin T. A 24-week prospective study comparing the stability of titanium dioxide grit-blasted dental implants with and without fluoride treatment. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2009;24:684-8.
- Javed F, Romanos GE. The role of primary stability for successful immediate loading of dental implants. A literature review. *J Dent* 2010;38:612-20.
- Meredith N. Assessment of implant stability as a prognostic determinant. *Int J Prosthodont* 1998;11:491-501.
- Meredith N. Quantitative determination of the stability of the implant-tissue interface using resonance frequency analysis. *Clinical Oral Implants Res* 1996;7:261-7.
- Martinez H, Davarpanah M, Missika P, Celletti R, Lazzara R. Optimal implant stabilization in low density bone. *Clin Oral Implants Res* 2001;12:423-32.
- Alsaadi G, Quirynen M, Michiels K, Teughels W, Komárek A, van Steenberghe D. Impact of local and systemic factors on the incidence of failures up to abutment connection with modified surface oral implants. *J Clin Periodontol* 2008;35:51-7.
- Pikner SS, Gröndahl K, Jemt T, Friberg B. Marginal bone loss at implants: a retrospective, long-term follow-up of turned Brånemark System implants. *Clin Implant Dent Relat Res*

- 2009;11:11-23.
9. Chu CM, Huang HL, Hsu JT, Fuh LJ. Influences of internal tapered abutment designs on bone stresses around a dental implant: three-dimensional finite element method with statistical evaluation. *Periodontol* 2012;83:111-8.
 10. Bränemark PI, Hansson BO, Adell R. Osseointegrated implants in the treatment of the edentulous jaw. Experience from a 10 year period. *Scand J Plast Reconstr Surg* 1977;16(suppl): 7-127.
 11. Pommer B, Hof M, Fädler A, Gahleitner A, Watzek G, Watzak G. *Clin Oral Implants Res* 2012 Nov 21. doi: 10.1111/clr.12071.
 12. Simunek A. Development of implant stability during early healing of immediately loaded implants. *The International Journal of Oral & Maxillofacial Implants* 2013;27:619-27.
 13. Javed F, Romanos GE. The role of primary stability for successful immediate loading of dental implants. A literature review. *J Dent* 2010;38:612-20.
 14. Meredith N. Assessment of implant stability as a prognostic determinant. *Int J Prosthodont* 1998;11:491-501.
 15. Adell R, Lekholm U, Rockler B, Branemark PI. A 15 year study of osseointegrated implants in the treatment of the edentulous jaw. *Int J Oral Surg* 1981;6:387-416.
 16. Friberg B, Sennerby L, Lin den B, Grondahl K, Lekholm U. Stability measurement of one-stage Branemark implants during healing in mandibles. A clinical resonance frequency analysis study. *International Journal of Oral & Maxillofacial Surgery* 1999;28:266-72.
 17. Nedir R, Bischof M, Szmukler-Moncler S, Bernard JP, Samson J. Predicting osseointegration by means of implant primary stability. A resonance-frequency analysis study with delayed and immediately loaded ITI SLA implants. *Clin Oral Implants Res* 2003;15:520-8.
 18. Huwiler MA, Pjetursson BE, Bosshardt DD, Salvi GE, Lang NP. Resonance frequency analysis in relation to jawbone characteristics and during early healing of implant installation. *Clin Oral Implants Res* 2007;18:275-80.