

좁은 직경 임플란트에 관한 장기간의 후향적 연구 결과

유 훈, 이은웅, 임현창, 김민수, 이종석, 정의원, 김창성, 조규성, 최성호

연세대학교 치과대학 치주과학교실, 치주조직재생연구소

Long-term Retrospective Outcomes of Narrow Diameter Implants

Hoon You, Eun-Ung Lee, Hyun-Chang Lim, Min-Soo Kim, Jung-Seok Lee, Ui-Won Jung,
Chang-Sung Kim, Kyoo-Sung Cho, Seong-Ho Choi

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

Abstract

Purpose: The aim of this study was to retrospectively investigate (investigate retrospectively may be better) the survival rate and the influencing factors of narrow implants less than 3.5 mm in diameter.

Materials and Methods: Included this study were the patients who received the implantation from January 1995 to December 2011 and visited the Department of Periodontology, Dental Hospital of Yonsei University after over 12 months from the time of their implantation. The cumulative survival rate was calculated and various factors affecting the rate were investigated according to the implant system, gender, age, implant position, length, and splinting. The causes of failed implants were also analyzed.

Results: The overall survival rate was 98.6% and 11 implants were removed. There was no statistically significant differences among the survival rate according to the implant system, gender, position, length and the existence of splinting. The most frequent/common reason for failure was infection, which was responsible for 8 out of 11 failed implants.

Conclusion: In conclusion, the present study suggests that the use of narrow diameter implants can be a predictable treatment option.

Key Words: complication, narrow implant, retrospective study, survival rate

Reprint requests: Seong-Ho Choi
Department of Periodontology, College of Dentistry, Yonsei University,
50, Yonsei-ro, Seodaemun-gu, Seoul 120-752, Korea
Tel: 82-2-2228-3189, Fax: 82-2-392-0398
E-mail: shchoi726@yuhs.ac
Received for publication: November 21, 2013
Accepted for publication: November 23, 2013

교신저자: 최성호
(120-752) 서울시 연세로 50
연세대학교 치과대학 치주과학교실
Tel: 82-2-2228-3189, Fax: 82-2-392-0398
E-mail: shchoi726@yuhs.ac
원고접수일: 2013년 11월 21일
게재확정일: 2013년 11월 23일

Copyright © 2013. The Korean Academy of Oral & Maxillofacial Implantology

© 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.

I 서론

임플란트 직경의 선택은 임플란트 식립부위, 잔존골의 양과 형태, emergence profile, 교합력의 정도 등을 고려하여 결정하게 된다. 보철적/생물학적/생역학적 특성이 모두 고려된 직경의 임플란트를 선택하는 것이 이상적이지만, 발치 후 치조골의 위축, 외상, 근관치료의 실패 등으로 인해 좁은 폭경의 치조제를 접하게 되는 경우가 적지 않다.

이러한 좁은 폭경 치조제에서 기존에는 골유도재생술이나 치조제 분리술과 같은 술식으로 치조제를 회복시켜 왔다. 골유도재생술은 예지성 있는 술식으로서 Hammerle 등²이 2002년 systematic review를 통하여 골유도재생술을 시행하여 얻을 수 있는 예지성과 성공률은 결손부가 없는 부위의 치료성공률과 비슷하다고 보고하였다. 또한, Engelke 등³에 의하면 치조제 분리술의 5년간 누적성공률은 86.2%로 보고된 바 있다.

하지만 골유도재생술이나 치조제 분리술을 시행할 경우 추가적인 술식에 따른 치료기간의 증가와 합병증 발생의 위험이 항상 동반되기 때문에, 임상가와 환자 모두에게 부담요인으로 작용한다. 따라서 기존의 임플란트 직경보다 좁은 직경의 임플란트를 선택하여 보다 간단하게 환자의 무치악부를 수복할 수 있는 방법이 대두되었다. 좁은 직경의 임플란트는 복잡한 술식으로 인한 합병증을 줄일 수 있으며, 골유도재생술을 동반할 경우에도 수술의 난이도가 비교적 쉬워지게 된다.

그러나 좁은 직경 임플란트는 보통 직경 임플란트에 비해 상대적으로 골유착 면적이 작으며 응력의 집중으로 인한 임플란트 스크류 및 식립체(fixture)의 피로파절이 발생할 수 있는 단점이 보고되어 왔다⁴.

이러한 단점의 극복을 위해 식립체의 디자인 개선과

함께 물성개선을 도모하기 위한 여러 가지 노력들이 있었다. Babbush 등⁵은 좁은 직경 임플란트에서 플랫폼디자인과 taper의 변형을 통하여 주위 연조직과 골질을 개선하였다고 보고하였으며, Gottlow 등⁶은 13~17%의 지르코늄을 혼합한 고강도의 티타늄-지르코늄 합금을 사용한 임플란트에서 양호한 골조직의 반응을 보였다고 보고하였다. Al-Nawas 등⁷에 의한 임상연구에서도 이러한 지르코늄을 혼합한 고강도의 임플란트가 기존 티타늄 임플란트와 비슷한 임상적 결과를 가져왔다고 보고한 바 있다.

현재까지 좁은 직경 임플란트에 대한 정의는 아직 명확하지 않다. Saadoun과 Le Gall⁸은 직경 3.7 mm, Degidi 등⁹은 3.0 mm, Ortega-Oller¹⁰은 3.3 mm를 보통 직경 임플란트와 좁은 직경 임플란트를 구분하는 경계로 정의하였다. 이러한 좁은 직경의 임플란트에 대한 장기적 연구는 많지 않지만 여러 연구들에서 각기 다른 범주의 좁은 직경 임플란트 생존율 및 성공률이 보통 직경 임플란트에 필적하는 값을 보이고 있다^{4,11-17}.

이번 연구에서는 연세대학교 치과대학병원 치주과에서 일정 기간 동안 식립한 3.5 mm 이하의 좁은 직경 임플란트를 추적하여 그 장기간 생존율 및 그에 대한 영향인자에 대하여 분석한 결과를 보고하고자 한다.

II 연구재료 및 방법

1. 연구대상

이번 후향적 연구는 1995년 1월부터 2011년 12월까지 연세대학교 치과대학병원 치주과에서 직경 3.5 mm 이하의 임플란트를 식립한 환자를 대상으로 하였다. 연구는 연세대학교 연구윤리심의위원회(No. 2-2013-0047)의 승인을 받아 진행하였다.

다음에 해당하는 환자군은 수술에서 제외시켰다.

- (1) 조절되지 않는 고혈압 또는 당뇨가 있는 환자
 - (2) 악골 내 악성 종양의 과거력이나 현재 병이 있는 환자
 - (3) 중대한 심혈관계 질환, 호흡기계 질환, 신장질환, 간질환, 소화기계 질환, 혈액계 질환 및 신경-정신계 질환을 합병하고 있는 환자
 - (4) 갑상선 기능 항진증 혹은 갑상선 기능 저하증을 갖고 있는 환자
 - (5) 약물 알레르기의 과거력이 있는 환자, 우울 혹은 불안 장애가 고도이고, 약효 평가에 영향을 준다고 판단되는 환자
 - (7) 1년 내에 약물 또는 알코올 남용의 과거력이 있거나 현재 남용하고 있는 환자
 - (8) Bisphosphonate 계열의 약물을 복용 중인 환자
- 위의 기준을 만족하면서 술 후 내원기간이 12개월 이상인 490명의 환자들(남성 208명, 여성 282명)을 대상으로 760개의 좁은 직경 임플란트를 조사하였다. 평균적으로 59.5개월의 술 후 내원기간을 가졌으며, 상악에 419개(55.1%), 하악에 341개(44.9%)를 식립하였다. 전치부와 구치부를 나누어 볼 때, 전치부에 535개(70.4%), 구치부에 225개(29.6%)의 임플란트를 식립하였다(Table 1).

환자들의 임플란트에는 총 6종류의 임플란트 시스템이 사용되었다.

- (1) Replace select (n=222, Nobel Biocare AB, Gothenburg, Sweden)
 - (2) Branemark (n=151, Nobel Biocare AB)
 - (3) Implantium (n=137, Dentium, Seoul, Korea)
 - (4) Straumann (n=111, Straumann, Basel, Switzerland)
 - (5) Astra Tech (n=70, Dentsply Implants, Molndal, Sweden)
 - (6) Xive (n=69, Dentsply Friadent, Mannheim, Germany)
- 사용된 임플란트의 직경과 길이의 분포는 Table 2와 같다.

2. 연구 및 평가 방법

1) 임플란트 생존율 기준

임플란트 생존에 대한 평가기준은 Buser 등¹⁸과 Cochran 등¹⁹에 의한 기준을 따랐으며, 그 내용은 다음과 같다.

Table 1. Position of narrow diameter implant

Position	Maxilla	Mandible	Total
Anterior	311 (40.9)	224 (29.5)	535
Posterior	108 (14.2)	117 (15.4)	225
Total	419	341	760 (100.0)

Values are presented as number (%) or number only.

Hoon You et al. : Long-term Retrospective Outcomes of Narrow Diameter Implants. *Implantology* 2013

Table 2. Diameter and length of narrow diameter implant

Diameter (mm)	Length (mm)										Total
	8.0	9.0	9.5	10.0	11.0	11.5	12.0	13.0	14.0	15.0	
3.0	0	0	0	0	11	0	0	2	0	0	13
3.3	9	0	0	78	0	46	54	67	1	9	264
3.4	10	0	15	65	38	0	57	16	3	0	204
3.5	3	10	0	36	42	0	0	188	0	0	279
Total	22	10	15	179	91	46	111	273	4	9	760

Hoon You et al. : Long-term Retrospective Outcomes of Narrow Diameter Implants. *Implantology* 2013

- (1) 골유착에 성공하여 현재 동요도 없이 기능중일 것.
- (2) 임플란트 주위에 방사선 투과상이 없을 것.
- (3) 지속적인 동통이나 이상감각이 없을 것.
- (4) 임플란트 주위 감염이 지속되거나 재발하지 않을 것.

2) 임플란트 생존율 분석

임플란트 시스템별, 성별, 식립부위(상악/하악, 전치부/구치부), 식립체의 길이(10 mm 미만/10 mm 이상), 보철물의 스플린트 유무, 연령에 따라 임플란트의 생존율을 분석하였다.

3) 실패한 임플란트의 분석

실패한 식립체의 제거사유, 생존기간, 식립체의 직경/길이, 골유도 재생술 시행여부, 보철물의 스플린트 여부 등을 조사하여 분석하였다.

4) 통계적 분석

얻어진 자료들을 토대로 여러 요인에 따른 임플란트 생존율을 산출하였다. 또한 IBM SPSS Statistics version 20.0 프로그램(IBM Co., Armonk, NY, USA)을 사용하여 Kaplan-Meier method (log-rank test)를 이용한 단변량 생존분석을, Cox regression model를 통한 다변량 생존 분석을 시행하였다.

III 연구결과

1. 임플란트 생존율

전체 임플란트 생존율은 98.6% (749/760)였으며, 누적 생존율은 Fig. 1과 같다.

임플란트 시스템에 따른 생존율은 Table 3에 나타내었다. Replace select, Branemark, Implantium, Straumann, Astra Tech, Xive 시스템 순으로 각각 98.6%, 97.4%,

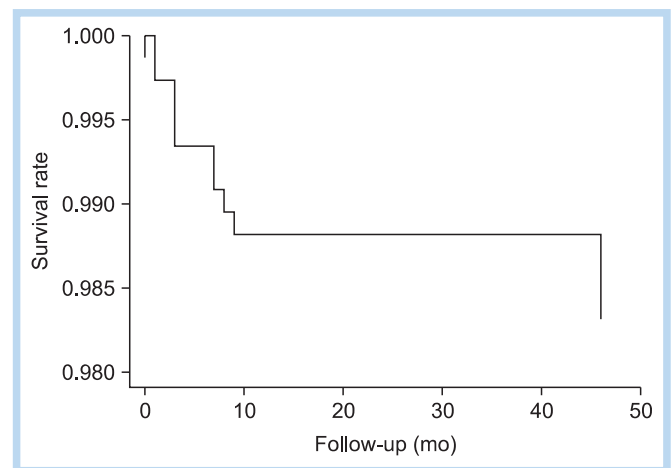


Fig. 1. Cumulative survival rate of narrow diameter implant, Hoon You et al. : Long-term Retrospective Outcomes of Narrow Diameter Implants. Implantology 2013

Table 3. Survival rate according to the narrow diameter implant system

Fixture company	Fixture installation (n)	Failure (n)	Survival rate, % (n)	p-value
Replace select	222	3	98.6 (219/222)	0.359
Branemark	151	4	97.4 (147/151)	
Implantium	137	0	100.0 (137/137)	
Straumann	111	3	97.3 (108/111)	
Astra Tech	70	1	98.6 (69/70)	
Xive	69	0	100.0 (69/69)	
Total	760	11	98.6 (749/760)	

Hoon You et al. : Long-term Retrospective Outcomes of Narrow Diameter Implants. Implantology 2013

100%, 97.3%, 98.6%, 100%의 생존율을 보여 시스템에 관계없이 모두 97% 이상의 결과를 얻었으며 각 시스템 간 통계적으로 유의한 차이는 없었다($p>0.05$). 또한, 성별, 상악/하악, 전치부/구치부, 식립체 길이별(10 mm 미만/10 mm 이상), 보철물의 스플린트 여부에 따른 임플란트 생존율 모두에서 98% 이상의 고른 생존율을 보였으며 군 간 유의한 차이는 보이지 않았다($p>0.05$) (Table 4). 연령에 따른 임플란트 생존율에서도 통계적으로 유의한 차이는 보이지 않았다($p>0.05$) (Table 5).

Table 4. Survival rate according to the gender, implant position, length and existence of splinting

	Survival rate, % (n)		p-value
Men/women	98.4 (307/312)	98.7 (442/448)	0.747
Mx/Mn	98.1 (411/419)	99.1 (338/341)	0.223
Ant/Post	98.1 (525/535)	99.6 (224/225)	0.127
Short/long	100 (48/48)	98.5 (701/712)	0.400
Single/splinted	98.5 (264/268)	98.6 (485/492)	0.867

No statistically significant difference of all these factors in multivariate Cox regression model ($p<0.05$).

Mx: maxilla, Mn: mandible, Ant: anterior, Post: posterior.

Hoon You et al. : Long-term Retrospective Outcomes of Narrow Diameter Implants. *Implantology* 2013

Table 5. Survival rate according to the age

Age (yr)	Fixture installation (n)	Failure (n)	Survival rate, % (n)	p-value
<30	96	3	96.9 (93/96)	0.356
30~39	84	0	100 (84/84)	
40~49	107	0	100 (107/107)	
50~59	211	5	97.6 (206/211)	
60~69	160	2	98.8 (158/160)	
>69	102	1	99.0 (101/102)	

No statistically significant difference in Kaplan–Meier method ($p<0.05$).

Hoon You et al. : Long-term Retrospective Outcomes of Narrow Diameter Implants. *Implantology* 2013

2. 실패한 임플란트의 분석

실패한 임플란트에서 연령, 성별, 길이, 식립체 길이, 보철물의 스플린트 여부는 각 항목 내에서 고른 분포를 보였다(Table 6). 실패한 임플란트는 제2형과 제3형 골질에 식립된 것이었다. 실패한 좁은 직경 임플란트는 총 11개로 그 중 술 후 감염으로 인한 실패가 8개(72.7%)로 가장 많았다. 술 후 감염의 원인으로는 임플란트 주위염(4개)과 골유도 재생술의 실패(3개)가 많았다. 식립체 파절로 인한 임플란트 제거는 2개(18.2%), 골유착의 실패로 인한 임플란트 제거는 1개(9.1%)로 그 뒤를 이었다.

식립체 파절을 제외한 나머지 9개는 술 후 12개월 이내에 합병증이 생겼으며, 상악 전치부에서 7개, 하악 전치부에서 3개, 상악 구치부에서 1개의 임플란트를 제거하였다.

IV 총괄 및 고찰

임플란트 식립 시 잔존 치조제의 협설과 근원심 거리는 임플란트의 직경 선택의 기준 중 하나이다. 좁은 직경 임플란트를 사용할 경우 골이식을 최소화할 수 있고 출혈과 술 후 불편감을 감소시킬 수 있기 때문에 상악 측절

Table 6. Analysis of narrow diameter implant failure

Implant system	Age (yr)/sex	Diameter (mm)	Length (mm)	Position	Bone quality	Splinted prosthesis	Duration (mo)	Removal reason
Branemark	23/female	3.5	13.0	23	2	No	3	Infection
	61/female	3.3	10.0	12	3	Yes	46	Fixture fracture
	61/female	3.3	10.0	13	3	Yes	46	Fixture fracture
	28/female	3.3	11.5	24	3	Yes	1	Infection
Replace select	50/male	3.5	13.0	32	2	Yes	3	Infection
	50/male	3.5	13.0	42	2	Yes	3	Infection
	56/female	3.5	13.0	21	3	No	8	Failure of osseointegration
Straumann	77/male	3.3	12.0	22	2	No	0	Infection
	57/male	3.3	10.0	12	3	Yes	7	Infection
	57/male	3.3	12.0	13	3	Yes	7	Infection
Astra Tech	18/female	3.0	11.0	31	2	No	9	Infection

Hoon You et al. : Long-term Retrospective Outcomes of Narrow Diameter Implants. *Implantology* 2013

치, 하악 전치부, 선천적으로 결손된 치아, 교정 후 임플란트 식립 시 등 치조제의 직경이 좁은 경우에 널리 활용될 수 있다^{20,21}.

이번 연구에서 조사한 총 760개의 좁은 직경 임플란트에서 생존율은 98.6%였다. 좁은 직경에 대한 다른 연구들을 보면, Mijiritsky 등²²은 3.75 mm 이하의 임플란트에서 98.2%의 2년 생존율을 보고하였고, Vigolo 등¹³은 95.3%의 7년 생존율, Comfort 등¹⁵은 96%의 생존율을 보고한 바 있다. 이러한 좁은 직경 임플란트의 생존율은 보통 직경 이상의 임플란트의 생존율과 큰 차이를 보이지 않는다. Mozzati 등²³은 보통 직경 임플란트에서 9~12년 동안 97.1%의 생존율을 보였다고 하였으며, Mijiritsky 등²²은 3.75~5.0 mm 직경 임플란트에서 98.7%, 5 mm 직경 이상의 임플란트에서 98.5%의 생존율을 보였다고 보고하였다.

또한 임플란트 시스템별, 성별, 상악/하악별, 전치부/구치부별, 길이별, 보철물의 스플린트 시행 여부 및 연령에 따라 좁은 직경 임플란트의 생존율은 각 요인에 있어 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다. 위의 결과로

미루어보아 좁은 직경 임플란트는 다양한 증례에 안정적으로 적용이 가능할 것으로 보인다. 하지만 환자의 구강관리 능력^{24,25}, 흡연습관²⁶, 보철물의 조기 부하 여부²⁷ 등 다른 인자가 미치는 영향에 대해서는 추후 연구가 더 필요할 것으로 보인다.

이번 연구에서 환자의 연령은 임플란트 생존에 영향을 주지 않았지만, 연령 인자의 임플란트에 대한 영향은 다소 논란이 있다. Moy 등²⁸은 연령과 임플란트 생존율과의 통계적 유의성이 관찰된다고 하였으나, Bryant와 Zarb²⁹에 의하면 연령이 임플란트 주위 골흡수에 영향을 미치지 않는다고 하였다. Geckili 등³⁰도 1,656개의 임플란트 성공률을 조사한 결과 다른 연령군 사이에서 유의한 차이를 보이지 않았다고 하였다. 연령 인자가 미치는 영향력을 좁은 직경 임플란트에 관한 연구에서 한정하여 보았을 때에도, Lee 등¹⁷은 임플란트의 성공률이 연령인자의 영향을 받았다고 보고하였으나, Geckili 등³¹은 연령이 임플란트 주위 골흡수에 미치는 영향은 통계적으로 유의한 차이가 없다고 하였다.

이번 연구에서 임플란트의 생존율은 식립 후 12개월 이

내에 결정되는 경우가 많았다. 실패한 11개의 임플란트 중 9개는 12개월 내에 제거되었다. 임플란트 주위염(4개)과 골유도 재생술의 실패(3개)로 인한 임플란트 주위 감염은 좁은 직경 임플란트에서도 가장 많은 실패 원인으로 보인다. Zinsli 등¹⁴에 의하면 제거 시행한 5개의 좁은 직경 임플란트 중, 파절로 인한 2개를 제외한 3개의 임플란트에서 임플란트 주위염에 의한 합병증이 관찰되었으며, 감염에 의한 실패는 모두 치유기간 중에 조기 제거되었다. Romeo 등¹⁶에 의한 좁은 직경 임플란트 연구에서는 실패한 6개의 임플란트 중 1개를 제외한 5개를 임플란트 주위염으로 진단 후 제거하였다고 보고하였다.

이번 연구에서는 60대 여성 환자에서 식립체 파절로 인하여 2개의 좁은 직경 임플란트가 제거되었다(Table 6). Shemtov-Yona 등³²은 직경이 5 mm인 임플란트에서는 지대주 혹은 스크류의 상부에서 파절이 일어나지만, 직경 3.3 mm의 좁은 임플란트에서는 스크류 파절과 동시에 2번째 혹은 3번째 thread의 파절이 관찰되었다고 보고하였다. 좁은 직경 임플란트에서는 직경이 작아짐에 따라 스크류와 식립체 상부의 스크류 연결부의 직경이 작아져 상부 thread의 동시파절이 일어날 가능성이 증가한다. 따라서 일부 임플란트 시스템에서는 스크류에 일정 각도의 경사를 주어서 이를 보완하거나⁵, 임플란트 식립체의 강도를 높이기 위하여 티타늄-지르코늄의 합금을 사용하는 등의 보완을 시도하였다^{6,7}.

V 결론

이번 연구에서는 좁은 직경 임플란트의 생존율을 분석하기 위해 490명의 환자에게 식립한 760개의 임플란트를 대상으로 조사하여 다음과 같은 결론을 내렸다.

1. 좁은 직경 임플란트의 전체 생존율은 98.6%를 보였다.

2. 임플란트 시스템, 성별, 상악/하악, 전치부/구치부, 식립체의 길이, 보철물의 스플린트 여부는 좁은 직경 임플란트 생존율의 결정적 요인이 아니다.

3. 좁은 직경 임플란트의 실패의 원인은 감염이 가장 많았으며, 대부분이 12개월 내에 실패하였다.

이상의 결과를 통해 좁은 직경 임플란트의 치료는 치료조제의 직경이 좁은 경우에 안정적인 치료방법으로 사용할 수 있을 것으로 생각된다.



참고문헌

1. Davarpanah M, Martinez H, Tecucianu JF, et al. Small-diameter implants: indications and contraindications. *J Esthet Dent*. 2000; 12: 186-194.
2. Hammerle CH, Jung RE, Feloutzis A. A systematic review of the survival of implants in bone sites augmented with barrier membranes (guided bone regeneration) in partially edentulous patients. *J Clin Periodontol*. 2002; 29(Suppl 3): 226-231.
3. Engelke WG, Diederichs CG, Jacobs HG, et al. Alveolar reconstruction with splitting osteotomy and microfixation of implants. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 1997; 12: 310-318.
4. Degidi M, Piattelli A, Carinci F. Clinical outcome of narrow diameter implants: a retrospective study of 510 implants. *J Periodontol*. 2008; 79: 49-54.
5. Babbush CA, Kanawati A, Brokloff J. A new approach to the All-on-Four treatment concept using narrow platform NobelActive implants. *J Oral Implantol*. 2013; 39: 314-325.
6. Gottlow J, Dard M, Kjellson F, et al. Evaluation of a new titanium-zirconium dental implant: a biomechanical and histological comparative study in the mini pig. *Clin Implant Dent Relat Res*. 2012; 14: 538-545.
7. Al-Nawas B, Brägger U, Meijer HJ, et al. A double-blind randomized controlled trial (RCT) of Titanium-13Zirconium versus Titanium Grade IV small-diameter bone level implants in edentulous mandibles--results from a 1-year observation period. *Clin Implant Dent Relat Res*. 2012; 14: 896-904.
8. Saadoun AP, Le Gall MG. An 8-year compilation of clinical results

- obtained with Steri-Oss endosseous implants. *Compend Contin Educ Dent.* 1996; 17: 669-674, 676 passim.
9. Degidi M, Nardi D, Piattelli A. Immediate versus one-stage restoration of small-diameter implants for a single missing maxillary lateral incisor: a 3-year randomized clinical trial. *J Periodontol.* 2009; 80: 1393-1398.
 10. Ortega-Oller I, Suarez F, Galindo-Moreno P, et al. The influence of implant diameter upon its survival: a meta-analysis based on prospective clinical trials. *J Periodontol.* 2013. [Epub ahead of print]
 11. Polizzi G, Fabbro S, Furri M, et al. Clinical application of narrow Brånemark System implants for single-tooth restorations. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 1999; 14: 496-503.
 12. Andersen E, Saxegaard E, Knutsen BM, et al. A prospective clinical study evaluating the safety and effectiveness of narrow-diameter threaded implants in the anterior region of the maxilla. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2001; 16: 217-224.
 13. Vigolo P, Givani A, Majzoub Z, et al. Clinical evaluation of small-diameter implants in single-tooth and multiple-implant restorations: a 7-year retrospective study. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2004; 19: 703-709.
 14. Zinsli B, Sägger T, Mericske E, et al. Clinical evaluation of small-diameter ITI implants: a prospective study. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2004; 19: 92-99.
 15. Comfort MB, Chu FC, Chai J, et al. A 5-year prospective study on small diameter screw-shaped oral implants. *J Oral Rehabil.* 2005; 32: 341-345.
 16. Romeo E, Lops D, Amorfini L, et al. Clinical and radiographic evaluation of small-diameter (3.3-mm) implants followed for 1-7 years: a longitudinal study. *Clin Oral Implants Res.* 2006; 17: 139-148.
 17. Lee JS, Kim HM, Kim CS, et al. Long-term retrospective study of narrow implants for fixed dental prostheses. *Clin Oral Implants Res.* 2013; 24: 847-852.
 18. Buser D, Mericske-Stern R, Bernard JP, et al. Long-term evaluation of non-submerged ITI implants. Part 1: 8-year life table analysis of a prospective multi-center study with 2359 implants. *Clin Oral Implants Res.* 1997; 8: 161-172.
 19. Cochran DL, Buser D, ten Bruggenkate CM, et al. The use of reduced healing times on ITI implants with a sandblasted and acid-etched (SLA) surface: early results from clinical trials on ITI SLA implants. *Clin Oral Implants Res.* 2002; 13: 144-153.
 20. Chiapasco M, Zaniboni M. Clinical outcomes of GBR procedures to correct peri-implant dehiscences and fenestrations: a systematic review. *Clin Oral Implants Res.* 2009; 20(Suppl 4): 113-123.
 21. Griffiths TM, Collins CP, Collins PC. Mini dental implants: an adjunct for retention, stability, and comfort for the edentulous patient. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2005; 100: e81-e84.
 22. Mijiritsky E, Mazor Z, Lorean A, et al. Implant diameter and length influence on survival: interim results during the first 2 years of function of implants by a single manufacturer. *Implant Dent.* 2013; 22: 394-398.
 23. Mozzati M, Galesio G, Del Fabbro M. Long-term (9-12 years) outcomes of titanium implants with an oxidized surface: a retrospective investigation on 209 implants. *J Oral Implantol.* 2013. [Epub ahead of print]
 24. Teixeira ER, Sato Y, Akagawa Y, et al. Correlation between mucosal inflammation and marginal bone loss around hydroxyapatite-coated implants: a 3-year cross-sectional study. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 1997; 12: 74-81.
 25. van Steenberghe D, Klinge B, Lindén U, et al. Periodontal indices around natural and titanium abutments: a longitudinal multicenter study. *J Periodontol.* 1993; 64: 538-541.
 26. Klokkevold PR, Han TJ. How do smoking, diabetes, and periodontitis affect outcomes of implant treatment? *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2007; 22(Suppl): 173-202.
 27. Horwitz J, Zuabi O, Peled M, et al. Immediate and delayed restoration of dental implants in periodontally susceptible patients: 1-year results. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2007; 22: 423-429.
 28. Moy PK, Medina D, Shetty V, et al. Dental implant failure rates and associated risk factors. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2005; 20: 569-577.
 29. Bryant SR, Zarb GA. Crestal bone loss proximal to oral implants in older and younger adults. *J Prosthet Dent.* 2003; 89: 589-597.
 30. Geckili O, Bilhan H, Geckili E, et al. Evaluation of possible prognostic factors for the success, survival, and failure of dental implants. *Implant Dent.* 2013. [Epub ahead of print]
 31. Geckili O, Mumcu E, Bilhan H. Radiographic evaluation of narrow diameter implants after 5 years of clinical function: a retrospective study. *J Oral Implantol.* 2011. [Epub ahead of print]
 32. Shemtov-Yona K, Rittel D, Machtei EE, et al. Effect of dental implant diameter on fatigue performance. part ii: failure analysis. *Clin Implant Dent Relat Res.* 2012. [Epub ahead of print]