

하악 구치부에 식립된 7 mm 이하 짧은 길이 임플란트의 임상적 예후

구정귀¹, 김현석¹, 김상윤¹, 김영균^{1,2}

분당서울대학교병원 치과 구강악안면외과¹, 서울대학교 치의학대학원 치의학과, 치학연구소²

Clinical outcome of single short implant less than 7 mm in mandibular posterior area

Jeong-Kui Ku¹, Hyun-Suk Kim¹, Sang-Yoon Kim¹, Young-Kyun Kim^{1,2}

¹Department of Oral and Maxillofacial Surgery, Section of Dentistry, Seoul National University Bundang Hospital, Seongnam,

²Department of Dentistry & Dental Research Institute, School of Dentistry, Seoul National University, Seoul, Korea

Purpose: The goal of this study was to evaluate the clinical outcome and performance of short implants placed in mandibular posterior area.

Materials and Methods: A total of 17 single short implants were placed in the posterior and supported single restoration. Primary stability immediately after the placement of implant was measured using Osstell[®] Mentor (Osstell, Sweden), and secondary stability after second surgery or during impression. For compensating radiographic image distortion, Marginal bone loss was calculated the ratio of actual implant fixture length to that of image.

Results: Mean follow-up period was 41.7 months. The average ISQ value increased from 63.50 ± 22.89 to 75.17 ± 16.59 , with statistical significance ($P < 0.05$). 1 osseointegration failure at 4.67 months after loading was found. An average marginal bone loss around implants of 0.014 mm, 0.025 mm, and 0.319 mm at 12 months, 24 months, and final follow up after functional loading. The survival rate was $94.1 \pm 0.24\%$ in average 41.70 months.

Conclusions: With careful case selections, short-length implants may offer a predictable treatment alternative in load-bearing posterior sites where unfavorable anatomical conditions may exist. (JOURNAL OF DENTAL IMPLANT RESEARCH 2015;34(3):61-66)

Key Words: Short implants, Single implant

서 론

치과 영역에서 임플란트 수복은 부분 또는 완전 무치악 환자에게서 널리 사용되는 치료 방법이 되었다. 또한 최근 임플란트 표면처리 기술과 골이식 기술의 발전으로 임플란트는 전치, 구치 어느 부위에나 예지성 있는 식립이 가능한 상태이다 하지만 하악의 경우 오랜 치아 상실로 인해 발생한 치조골의 소실로 인해 하치조 신경까지의 잔존골 높이가 부족하여 임플란트 식립 길이에 제한이 있을 수 있다. 그래서 길이가 짧은 임플란트를 식립하는 방법이 고안되었으며,

Short implant의 장점은 다음과 같다. 1) 구치부에서 치조능 증대술과 같은 침습적인 외과수술을 피할 수 있다. 2) 드릴링 중 과열 최소화 3) 상악동, 하치조관 침범 최소화, 4) 인접치 치근 만곡이 심한 경우에 치근 손상을 방지할 수 있다. 5) undercut이나 함몰부위가 있는 경우 골천공을 피할 수 있다. 6) 수술의사 입장에서 간단한 기구 사용, 수술시간 단축, 골이식재료 사용을 최소화할 수 있다¹⁾.

여러 연구들에서 부분 무치악 환자의 하중이 많이 가해지는 구치부에 식립된 길이 10 mm 이하의 임플란트는 높은 실패율이 보고되었다. 그러나 짧은 길이 임플란트를 사용한 최소 침습적인 치료는

Received November 9 2015, Revised November 26, 2015, Accepted December 14, 2015.

© This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

교신저자: 김영균, 13620, 경기도 성남시 분당구 구미동 300, 분당서울대학교병원 치과 구강악안면외과

Correspondence to: Young-Kyun Kim, Department of Oral and Maxillofacial Surgery, Section of Dentistry, Seoul National University Bundang Hospital, 300 Gumi-dong, Bundang-gu, Seongnam 13620, Korea. Tel: +82-31-787-2780, Fax: +82-31-787-4068, E-mail: kyk0505@snuh.org

잔존골 높이가 현저하게 부족하거나, 하지조신경관과 거리가 가까운 것과 같은 해부학적으로 불리한 환자에게 유일한 치료 옵션일 수 있으며, 또한 최근 표면처리 및 디자인의 개선으로 짧은 길이 임플란트의 예후가 많이 개선되고 있다. 상악골의 골질이 약하기 때문에 짧은 길이 임플란트는 하악과 비교하여 상악에서 높은 실패율을 보인다²⁻⁴⁾. 따라서 상악의 경우 평균 6개월 정도의 치유기간을 부여한 후 2차수술을 시행하고 상부 보철치료를 완료하는 것이 좋다. 그러나 하악에서 치조골이 치밀하고 초기 고정성 견고한 경우 일회법으로 임플란트를 식립하고 약 2~3개월의 치유기간을 거친 후 보철치료를 진행하기도 한다. 1회법과 2회법에 따라 짧은 길이 임플란트의 성공률이 어떤 영향을 받는지에 대하여 다양한 견해의 연구들이 발표되었다. Gentile 등⁵⁾은 짧은 길이 임플란트를 식립할 때 2회법이 높은 성공율을 보인다고 언급하였다. 그러나 Sun 등⁶⁾은 1회법과 2회법 사이에 실패율에 있어 차이를 보이지 않는다고 언급하였다.

2005년 Misch⁷⁾가 2개 이상의 짧은 길이 임플란트가 식립 되었다면 반드시 연결해야 된다고 주장한 이후 상, 하악 구치부에서 해부학적 다양성으로 짧은 길이 임플란트를 식립해야 할 경우, 2개 이상을 식립한 후 응력을 분산하기 위해 splinting하는 것이 원칙이라고 일반적으로 알려져 있고⁸⁻¹⁰⁾, Non-splinted short implant의 성공율은 splinted short implant보다 낮은 것으로 보고되고 있다¹¹⁾. 또한 최근 연구에서도 David 등¹²⁾은 길이 6, 8 mm의 short splinted implants가 치조골이 위축된 하악 부위에서 3년에 95.8%, 5년에 93.4%의 높은 성공율을 보이는 예지성 있는 치료라고 주장한 바 있다. 그러나 2004년 Fugazzotto 등¹³⁾은 길이 9 mm 이하의 짧은 길이 임플란트에서 평균 29.3개월간 95.1%의 성공률을

보고한 바 있고, 2015년 Malmstrom 등¹⁴⁾은 길이 6, 8 mm의 짧은 길이 임플란트의 성공율이 11 mm 임플란트와 비슷하다고 주장하면서, 교합력을 분산하는 측면에서 splinted implant가 single crown보다 임상적으로 큰 차이를 보이지 않는다고 언급한 바 있지만, 구치부에서 짧은 길이 단일 임플란트에 관한 연구는 매우 드물다. 본 연구의 목적은 하악 구치부에 식립된 길이 7 mm의 짧은 길이 단일 임플란트에 대한 임상적 예후를 평가하기 위한 것에 있다.

연구대상 및 방법

본 연구는 2005년 11월부터 2014년 10월까지 분당서울대학교병원 치과에서 임플란트를 식립한 환자 중 길이 7 mm 이하의 짧은 길이 임플란트로 하악 단일 대구치부위를 수복한 환자 16명(남자 10, 여자 6, 평균연령 46.6±5.9)을 대상으로 하였다. Osstell Mentor (Osstell®, Gothenburg, Sweden)로 측정된 임플란트 일차 및 이차 안정도(primary and secondary stability)와 술 후 합병증을 조사하였다. 보철물 장착 직후 촬영한 치근단 방사선 사진을 기준으로 보철 기능 1년 후와 2년 후의 변연골 흡수량을 측정하였다. 이때 확대율을 고려하기 위해 실제 식립된 임플란트 fixture의 길이와 periapical view 상의 fixture 길이의 비율을 계산하여 임플란트 근심 및 원심면의 치조골 흡수량의 평균값을 계산하였다. Osstell로 측정된 implant stability quotient (ISQ) 변화는 paired-t test를 이용하여 통계적 처리를 했고 임플란트 폭경 및 식립 방법별로 변연골 흡수량 차이에 대하여 Independent-sample t-test를 사용하여 검정하였다(SPSS Inc., Chicago, IL, USA).

결 과

평균 41.70±21.84개월(최소 13.77개월, 최대 87.23개월) 경과를 관찰 하여 1개 임플란트가 보철적 하중 4.67개월만에 실패하여 제거되어(Fig. 1) 평균 생존율은 94.1±0.24%였다. 임플란트 주변의 평균 변연골 소실량은 기능적 하중 12개월 후 15개에서 측정이 가능하였고, 24개월 후엔 11개 임플란트 그리고 최종 경과 관찰한 날에는 17개 임플란트에서 측정이 가능하였으며 각각 0.014 mm, 0.025 mm, and 0.319 mm였다(Table 1). Osstell을 이용하여 측정된 일차 안정도는 15개에서 측정되었으며 평균 63.50±22.89였고, 이차

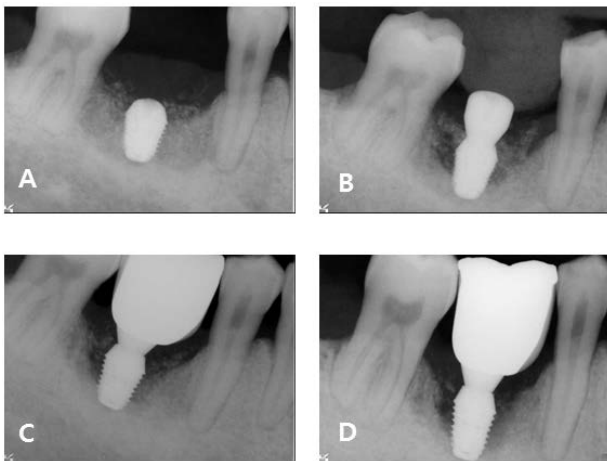


Fig. 1. Failed single short implant on #46 missing area. (A) #46 implant (5.0 mm diameter, 7.0 mm length) implantation and bone graft on buccal and lingual exposed thread with Osteon™ (Synthetic bone, Dentium, Korea), (B) 2nd surgery was performed and additional bone graft on buccal defect with Osteon II™ (Synthetic bone, Dentium, Korea) at 3 months after 1st surgery, (C) Functional loading at 1.5 month after 2nd surgery, (D) Osseointegration failure at 4 months after functional loading.

Table 1. Peri-implant marginal bone loss after loading

F/U	N	Mean marginal bone loss (mm)	SD	P value*
12 months	15	.014	.056	NS ^a
24 months	11	.025	.083	NS
Latest follow-up	17	.319	.845	NS

^aNS, nonsignificant. *one-samples T Test is significant at the 0.05 level (2-tailed): Test value=0.00 mm.

안정도는 11개 임플란트에서 측정되었으며 평균 75.17±16.59로 통계학적으로 유의성 있게 증가하였다(P<0.05, Table 2).

17개 임플란트는 모두 하악 구치부에 식립되었고, 단일 보철물로 수복되었다. 식립된 임플란트를 직경별로 구분해 보면 5 mm 8개, 6 mm 9개가 식립되었다. 직경 5 mm 임플란트와 6 mm 임플란트는 각각 일차 안정도가 51.57±24.91, 75.75±12.53 그리고 이차 안정도는 65.86±7.24, 84.56±4.84였다. 모두 직경이 6 mm인 경우가 5 mm 임플란트에 비해 통계적으로 유의성 있게 높은 양상을 보였다(P<0.05) (Table 3).

임플란트 식립 방법은 1회법 4개, 2회법으로 13개가 식립되었다. 식립 방법에 따라서 일차 안정도는 1회법이 평균 76.75±13.79, 2회법 60.0±23.69였고 이차 안정도는 1회법이 평균 89.00± 1.73, 2회법 평균 72.54± 16.55로 측정되었다. 이차 안정도는 통계적으로 유의미한 차이를 보였지만(P<0.01), 변연골 흡수량, 일차 안정도에서는 차이를 보이지 않았다(Table 4).

Table 2. Implant Stability Quotient (ISQ) of short implant

	N	Mean ISQ	SD	P value*
Primary stability	15	63.50	22.89	NS ^a
Secondary stability	11	75.17	16.59	NS

^aNS, nonsignificant. *Paired-samples T Test is significant at the 0.05 level (2-tailed); Test value=0.00 mm.

고 찰

Herrmann 등¹⁶⁾의 보고에 의하면 7 mm 길이의 짧은 길이 임플란트는 78.2%의 낮은 성공률을 보이고 짧은 길이가 실패의 주원인이기 때문이라고 하였다. Weng 등¹⁷⁾의 보고에서는 실패한 임플란트의 60%가 길이가 10 mm 이하인 짧은 길이 임플란트였고 짧은 길이 임플란트의 누적된 성공률은 전체 임플란트의 성공률보다 훨씬 더 낮았다. 또한 Telleman 등¹⁸⁾이 주장한 바에 따르면, 부분 무치악 환자들에게 있어서 가장 짧은 길이 임플란트는 그보다 조금 더 긴 임플란트에 비해서 더 잘 실패하는 경향이 있었고, 상악 임플란트는 하악에 비해 훨씬 더 높은 실패율을 기록하였다고 보고하였다. 그러나 Romeo 등¹⁹⁾은 14년의 누적된 연구에서의 8 mm 길이의 임플란트와 10 mm 길이의 임플란트를 비교한 결과 변연골의 흡수양은 통계적으로 유의한 차이가 발견되지 않았고, 짧은 길이 임플란트의 성공률은 97.9% 표준 임플란트의 경우는 97.1%으로 발표하였다. 또한 5년간의 성공률은 각각 TPS와 SLA 표면 처리를 한 짧은 길이 임플란트와 표준 길이 임플란트 사이에는 유의한 차이가 없었다고 보고하였다. 이처럼 임플란트의 표면 처리 기술과 디자인이 개선되면서 짧은 길이 임플란트의 긍정적인 예후에 대한 보고들이 발표되고 있다. Maló 등²⁰⁾에 의하면 408개의 Brånemark 임플란트의 경우 길이가 7 mm일 때 96.2%, 길이가 8.5 mm일 때 97.1%의 높은 성공률을 나타냈다. Misch 등²¹⁾은 구치부 부분 무치악 부위의 짧은

Table 3. Marginal bone loss and stability according to diameter of implants

Diameter of implant	5.0 mm			6.0 mm			P value
	N	Mean	SD	N	Mean	SD	
Primary stability	7	51.57	24.91	8	75.75	12.53	.047*
Secondary stability	7	65.86	19.15	8	84.56	4.84	.042*
Marginal bone loss							
12 months	7	.00	.000	9	.02	.072	NS ^a
24 months	6	.00	.000	6	.05	.114	NS
Latest follow-up	8	.59	1.203	9	.08	.156	NS

^aNS, nonsignificant. *Independent-samples T Test is significant at the 0.05 level (2-tailed).

Table 4. For detect differences of marginal bone loss and stability between surgery protocol

Surgery protocol	1-stage			2-stage			P
	N	Mean	SD	N	Mean	SD	
Primary stability	4	76.75	13.793	11	60.00	23.690	NS ^a
Secondary stability	3	89.00	1.732	12	72.54	16.554	.006**
Marginal bone loss							
12 months	4	.00	.000	11	.02	.065	NS
24 months	2	.00	.000	9	.03	.092	NS
Latest follow-up	4	.07	.142	13	.39	.959	NS

^aNS, nonsignificant. *Independent-samples T Test is significant at the 0.05 level (2-tailed). **Independent-samples T Test is significant at the 0.01 level (2-tailed).

길이 임플란트에 대한 6년간의 다기관 후향적 증례연구에서 2회법으로 식립한 경우 99.6%, 1회법의 경우에 98.3%의 생존율을 보고하였다. 실패한 임플란트들은 기능적 하중 전에 6개 실패, 보철물 제작 중에 2개 실패하였고 보철물 장착 5년 후에는 100% 성공율을 보였다고 언급하였다. 이들은 짧은 길이 임플란트의 성공률을 높이기 위해서 다수치아 임플란트는 splinting을 하고 보철 수복 시 측방력이 가해지지 않도록 하면서 2 mm 이상의 캔티레버가 없도록 하는 것이 중요하다고 하였다. 또한 1997년 Isidor²²⁾은 서로 서로 보철물을 연결시킨 Splinted implants은 보철물에 가해지는 하중을 지탱할 수 있는 기능적 표면적을 증가시킨다고 하였다. Misch 등²¹⁾은 splinted implant crowns은 골-임플란트 계면에 스트레스를 덜 전달한다고 했고, Yilmaz 등²³⁾은 splinting short implants이 보철 기능 중에 좀 더 균일하게 strain 을 분산시킬 수 있다고 하였다.

예전에는 일반적으로 치관/임플란트 비율이 임플란트의 생존율에 영향을 준다고 알고 있었고²⁴⁻²⁶⁾, 2012년 Lee 등²⁷⁾은 치관/임플란트 비율이 클 긴 지레 작용을 받게 되어 결과적으로 변연골에 과한 응력이 가해져서 변연골 흡수가 높아진다고 주장한 바 있다. 또한 치관의 길이가 길어질수록(15 mm 이상) 임플란트-골 계면에 강한 응력이 집중되면서 심각한 변연골 흡수를 보인다는 보고도 있다^{28,29)}. 그러나 최근 논문에서 2015년 Ghariani 등³⁰⁾은 짧은 길이 임플란트의 성공적인 결과를 보고하면서 긴 치관과 짧은 임플란트의 비율이 임플란트의 생존율이나, 골 흡수를 증가시키지 않는다고 하였다. Schincaglia 등³¹⁾은 잔존골이 5~7 mm정도 남은 상악 구치부에서 직경 4 mm, 길이 6 mm의 임플란트를 식립한 것과 상악동 골이 식술과 함께 직경 4 mm, 길이 11~15 mm의 긴 임플란트를 식립한 것을 1년간 비교하였을 때 비슷한 임상적 및 방사선학적 결과를 보고하였으며, 치관/임플란트 비율이 변연골 흡수에 영향을 주지 않는다고 주장한 바 있다. Malmstrom 등¹⁴⁾은 자신의 연구에서 짧은 길이 단일 임플란트들 중 1개의 임플란트에서 지대주 나사파절이 발생했으며, Splinted implant가 single crown implant와 임상적으로 크게 다르지 않다고 주장했다.

본 연구에서 길이 7 mm 이하의 단일 임플란트의 생존율은 94.1%로 다른 임플란트에 비해 떨어지지 않았으며 생존율과 기능적 하중 1년 후 변연골 소실이 평균 0.014±0.056 mm로 안정적인 결과를 보였다. 또한 일차 안정도와 이차 안정도 역시 양호한 결과를 보였으며 이차 안정도가 시간이 경과하면서 현저하게 증가되는 것이 관찰되었다. 일차 안정도 수치가 낮을수록 2회법으로 임플란트를 식립하는 경우가 많기 때문에 2회법으로 할 경우가 1회법에 비해 일차 안정도가 낮을 것으로 예상되지만 본 연구에선 일차 안정도에서 통계적으로 유의성 있는 차이는 관찰되지 않았다. 그러나 이차 안정도가 2회법으로 시술한 경우에 현저하게 낮은 양상을 보였다. 그러나 두 방법간 생존율과 변연골 소실은 현저한 차이를 보이지 않았기 때문에 수술 당시 골질의 상태에 따라 적절한 수술 방법과 치유기간을 적절히 부여한다면 임플란트의 예후에는 지장을 주지 않을 것으

로 생각된다.

임플란트의 폭경이 일차 안정도에 중요한 역할을 한다는 이전의 연구 결과들처럼^{32,33)}, 본 연구에서도 변연골 소실은 현저한 차이가 관찰되지 않지만, 폭경이 5 mm인 임플란트가 6 mm 임플란트에 비해 일차 및 이차 안정도가 모두 통계적으로 유의하게 낮은 양상을 보였다. 또한 본 연구에서 실패한 1개 임플란트의 폭경이 5 mm였다. 본 연구는 연구대상의 증례 수가 적었기 때문에 하악 구치부의 짧은 길이 단일 임플란트의 생존율과 폭경과의 관계를 확정 지을 수 없으며 증례 수를 더욱 늘려서 분석하는 추가 연구가 필요하다고 생각된다.

실패한 1개의 임플란트는 2회법으로 시술된 경우였다. 식립 당시 임플란트의 협착 및 설착으로 1 mm의 골열개가 발생하여 OsteonTM (Synthetic bone, Dentium, Korea)으로 골이식을 시행하였고, 3개월 후 2차 수술 때에도 골치유가 불완전한 상태로 골결손이 있는 것이 발견되어 OsteonTM II (Synthetic bone, Dentium, Korea)로 추가 골이식을 시행하였다. 2차 수술 1.5개월 후 기능적 하중을 시작하였으나 4개월 후 골유착이 실패하여 임플란트를 제거하였다.(Fig. 1) Raymond의 연구³⁴⁾에 따르면 합성골로 이식을 했을 경우 3개월 이전에는 탐침도 하지 말고, 6개월 이상 충분히 기다리는 것이 좋다고 하였는데, 이 증례의 경우 합성골 이식 후 충분한 회복기간을 주지 않은 상태에서 조기 하중을 가한 것이 골 유착 실패의 주 원인으로 생각되었다. 따라서 최신의 기술로 표면 처리가 된 짧은 길이 임플란트에 적절한 치유기간을 부여하여 사용하면 짧은 길이 임플란트는 임상적으로 좋은 결과를 보여줄 수 있을 것으로 생각된다.

결 론

7 mm 이하 짧은 길이 임플란트의 평균 41.70개월간 생존율은 94.1%였고 평균 변연골 흡수량은 0.319 mm였다. 임플란트 수술 방법에 따라 1회법이 2회법에 비교하여 더 높은 1차, 2차 안정도가 관찰되었고, 특히 2차 안정도는 통계적으로 유의한 차이를 보였다. 폭경 6 mm 임플란트가 5 mm 임플란트에 비해 현저히 높은 1차 안정도와 2차 안정도를 보였다.

REFERENCES

1. Misch CE, Suzuki J, Misch-Dietsh FD et al. A positive correlation between occlusal trauma and peri-implant bone loss-literature support. *Implant Dent* 2005;14:108-16.
2. Rocci A, Martignoni M, Gottlow J. Immediate loading of Branemark system TiUnite and machined-surface implants in the posterior mandible: A randomized open-ended clinical trial. *Clin Implant Dent Relat Res* 2003;5(suppl 1):57-63.
3. Glauser R, Lundgren AK, Gottlow J et al. Immediate occlusal

- loading of Branemark TiUnite implants placed predominantly in soft bone: 1-year results of a prospective clinical study. *Clin Implant Dent Relat Res* 2003;5(suppl 1):47-56.
4. Sun HL, Huang C, Wu YR, Shi B. Failure rates of short (< 10mm) dental implants and factors influencing their failure: A systematic review. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2011;26:816-25.
 5. Gentile MA, Chuang SK, Dodson TB. Survival estimates and risk factors for failure with 6X5.7mm implants. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2005;20:930-7.
 6. Sun HL, Huang C, Wu YR, Shi B. Failure rates of short (< 10mm) dental implants and factors influencing their failure: A systematic review. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2011;26:816-25.
 7. Misch CE. Short dental implants: a literature review and rationale for use. *Dent Today* 2005;24(8):64-6,68.
 8. Balshi TJ, Wolfinger GJ, Slauch RW, Balshi SF. A retrospective analysis of 800 Brånemark System implants following the All-on-Four protocol. *J Prosthodont* 2014;23(2):83-8.
 9. Grossmann Y, Finger IM, Block MS. Indications for splinting implant restorations. *J Oral Maxillofac Surg* 2005;63(11):1642-52.
 10. Annibaldi S, Cristalli MP, Dell'Aquila D, Bignozzi I, La Monaca G, Pilloni A. Short dental implants: A systematic review. *J Dent Res* 2011;91(1):25-32.
 11. Mendonça JA, Francischone CE, Senna PM, Matos de Oliveira AE, Sotto-Maior BS. A retrospective evaluation of the survival rates of splinted and non-splinted short dental implants in posterior partially edentulous jaws. *J Periodontol* 2014;85(6):787-94.
 12. David French, Nabil Nadji, Hannu Larjava. Survival and Success Rates of Short Straumann Implants Placed in the Mandible: A Retrospective Study with up to 5 Year Follow-Up. *Global Journal of Oral Science* 2015;1:1-8.
 13. Fugazzotto PA, Vlassis J, Butler B. Success and failure rates of 5,526 ITI implants in function for up to 73+ months. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2004;19:408-12.
 14. Malmstrom H, Gupta B, Ghanem A, Cacciato R, Ren Y, Romanos GE. Success rate of short dental implants supporting single crowns and fixed bridges *Clin Oral Implants Res*. 2015;Sep 22. doi: 10.1111/clr.12693.
 15. Albreksson T, Zarb GA, Worthington P, Erickson AR. The long-term efficacy of currently used dental implants: a review and proposed criteria of success. *J Oral Maxillofac Implants* 1986;1:11-25.
 16. Herrmann, I., Lekholm, U., Holm, S. & Kultje, C. Evaluation of patient and implant characteristics as potential prognostic factors for oral implant failures. *Int. J Oral Maxillofac Implants* 2005;19:387-92.
 17. Weng D, Jacobson Z, Tarnow D, Hurzeler M, Faehn O, Sanavi F et al. A prospective multicenter clinical trial of 3i machined-surfaced implants : results after 6 years of follow-up. *Int. J Oral Maxillofac Implants* 2003;18:417-23.
 18. Telleman G, Raghoobar GM, Vissink A, den Hartog L, Huddleston Slater JJ, Meijer HJ. A systematic review of the prognosis of short (< 10mm) dental implants placed in the partially edentulous patient. *J Clin Periodontol* 2011;38:667-76.
 19. Romeo E, Ghisolf M, Rozza R, Chapasco M, Lops D. Short (8mm) dental implants in the rehabilitation of partial and complete edentulism : A 3 to 14 year longitudinal study *Int J Prosth.* 2006;19:586-92.
 20. Maló P, de Araujo Nobre M, Rangert B. Short implants placed one-stage in maxillae and mandibles : A retrospective clinical study with 1 to 9 years of follow-up. *Clin Implant Dent Relat Res* 2007;9(1):15-21.
 21. Misch CE, Steigenga J, Barboza E, Misch-Dietsh F, Cianciola LJ, Kazor C. Short dental implants in posterior partial edentulism: a multicenter retrospective 6-year case series study. *J Periodontol* 2006;77:1340-7.
 22. Isidor F. Clinical probing and radiographic assessment in relation to the histologic bone level at oral implants in monkeys. *Clin Oral Implants Res* 1997;8:255-64.
 23. Yilmaz B, Seidt JD, McGlumphy EA, Clelland NL. Comparison of strains for splinted and nonsplinted screw-retained prostheses on short implants. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2011;26:1176-82.
 24. Tawil G, Aboujaoude N, Tounan R. Influence of Prosthetic parameters on the survival and complication rates of short implants. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2006;21(2):275-82.
 25. Atieh MA, Zadeh H, Stanford CM, Cooper LF. Survival of short dental implants for treatment of posterior partial edentulism: a systematic review. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2012;27:1323-31.
 26. Monje A, Chan HL, Fu JH, Suarez F, Galindo-Moreno P, Wang HL. Are short dental implants (< 10 mm) effective? A meta-analysis on prospective clinical trials. *J Periodontol* 2013;84:895-904.
 27. Lee KJ, Kim YG, Park JW, Lee JM, Suh JY. Influence of crown-to-implant ratio on periimplant marginal bone loss in the posterior region: a five-year retrospective study. *J Periodontal Implant Sci* 2012;42(6):231-6.
 28. Anitua E, Alkhraiti MH, Pinas L, Begona L, Orive G. Implant survival and crestal bone loss around extra-short implants supporting a fixed denture: the effect of crown height space, crown-to-implant ratio, and offset placement of the prosthesis. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2014;29:682-9.
 29. Nissan J, Ghelfan O, Gross O, Priel I, Gross M, Chaushu G. The effect of crown/implant ratio and crown height space on stress distribution in unsplinted implant supporting restorations. *J Oral Maxillofac Surg* 2011;69:1934-9.
 30. Ghariani L, Segaan L, Rayyan MM, Galli S, Jimbo R, Ibrahim A. Does crown/implant ratio influence the survival and marginal bone level of short single implants in the mandibular molar? A preliminary investigation consisting of 12 patients. *J Oral Rehabil.* 2015;doi: 10.1111/joor.12342.
 31. Schincaglia GP, Thoma DS, Haas R, Tutak M, Garcia A, Taylor TD et al. Randomized controlled multicenter study comparing short dental implants (6mm) versus longer dental implants (11-15mm) in combination with sinus floor elevation procedures. Part 2: clinical and radiographic outcomes at 1 year of loading. *J Clin Periodontol.* 2015; doi: 10.1111/jcpe.12465.
 32. Bilhan H, Geckili O, Mumcu E, Bozdog E, Sunbuloglu E, Kutay O. Influence of surgical technique, implant shape and diameter on the primary stability in cancellous bone. *J Oral Rehabil*

66 구정귀 등: 하악 구치부에 식립된 7 mm 이하 짧은 길이 임플란트의 임상적 예후

2010;37(12):900-7.

33. Gonzalez-Garcia R, Monje F, Moreno-Garcia C. Predictability of the resonance frequency analysis in the survival of dental implants placed in the anterior non-atrophied edentulous

mandible. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal* 2011;16(5):664-9

34. Raymond AY. Synthetic bone grafts in periodontics. *Periodontology* 2000 1993;1:92-9.