

## 치과용 임플란트 식립 후 초기 적외선, 초음파 자극치료에 따른 골유착 변화에 관한 연구

### Study on Changes in Osseointegration Following Early Infrared and Ultrasonic Stimulation Treatment After Dental Implant Placement

정효경<sup>1\*</sup>, 이승희<sup>2</sup>

Hyo-Kyung Jung<sup>1\*</sup>, Seung-Hee Lee<sup>2</sup>

#### 〈Abstract〉

In this study, 3 dental implants were implanted in each femur of NZW rabbits, and only the right experimental group was irradiated with 850 nm infrared and 3 MHz ultrasonic waves for 10 minutes every day. After 3 and 6 weeks, a torsional test was performed using a universal testing machine to determine the changes in osseointegration. As a result, in the specimen subjected to 3 weeks, the maximum value of 3.01 MPa was measured in specimen #1, and the minimum value of 1.20 MPa was measured in specimen #1. In the control group, the maximum value of 0.75 MPa was measured in specimen #6, and the minimum value of 0.10 MPa was measured in specimen #4. The average value of specimens #1 to #3 of the experimental group was 1.76 MPa, and the average value of specimens #4 to #6 of the control group was 0.48 MPa. In the third week, among the torsion test results, for the control group, specimens #4 to #6, the specimen with the lowest initial osseointegration progress was measured at 0.10 MPa, and all of the measurement values at a total of 9 sites, including 3 sites for each specimen, were measured below 1.0 MPa. This is a very key part of this study, indicating that the initial osseointegration was very low. On the other hand, for the experimental group specimens #1 to #3, all of the measurement values at a total of 9 sites were measured

1\* 교신저자, 대구보건대학교 치기공학과 교수  
E-mail: hkjung@dhc.ac.kr

2 대구보건대학교 치기공학과, 부교수

1\* Corresponding Author, Dept. of Dental Technology Daegu Health college Professor

2 Dept. of Dental Technology Daegu Health college Associate Professor

above 1.0 MPa, and the maximum value was 3.01 MPa, confirming that 850 nm infrared light irradiation and 3 MHz ultrasound irradiation have an effect on improving osseointegration and bone quality with dental implants.

*Keywords : Dental implant, Infrared, Ultrasonic, Stimulation, Osseointegration*

## 1. 서론

치과용 임플란트의 시술은 높은 성공률을 보이지만 치조골의 침하가 심하거나, 조직이 손상되었거나, 환자의 개인적 만성질환이 심할 경우 성공률이 낮다. Brånemark 등에 의해 골과 티타늄 간의 골유착 개념이 확립되었으며, 임플란트의 골유착이 장기간 성공적으로 유지된다는 많은 연구들에 의해 임플란트 술식은 신뢰성 있는 치료로 각광받게 되었다. 그러나 부족한 골량과 불량한 골질, 보철 후 부적절한 하중 분배 등 다양한 이유로 임플란트의 실패가 발생할 수 있다[1].

임플란트의 성공률에 대해서는 여러 저자에 의해 연구된 바 있으며, 임플란트의 장기적 성공에는 여러 가지 요소가 관여 하는 것으로 알려져 있다. 특히 변연골의 높이는 임플란트의 기능적, 심미적 성공을 결정하는 중요한 요소로서 변연골의 높이를 적절히 유지하는 것은 임플란트를 만족스럽게 오래 사용하는 데 필수적인 조건이라 할 수 있다[2]. 이에 대해 1994년 Albrektsson과 Isidol 은 임플란트 성공의 기준으로 보철물 장착 첫 1년은 1.5 mm 이하의 골 흡수를 보이고 그 이후의 연간 골 흡수는 0.2 mm 이하여야 함을 주장하였다[3].

다양한 시스템의 발달과 술식의 개발은 임플란트의 성공률을 증진시키는데 도움을 주어 2000년대에 들어 발표된 임플란트의 성공률을 다룬 문헌들을 살펴보면, 여러 학자들이 95% 를 상회하는 높은 성공률을 제시하고 있다. 2002년 Krenmaier 등은 임플란트의 성공률이 97.3 % 라고 하였으며

[4], 2004년 Romeo 등은 96.2 % [5], 2005년 Wennstrom 등은 97.7 % 의 성공률을 제시하였다 [6]. 국내에서도 Kim 등이 19년의 후향적 연구를 통해 94.64 %의 누적생존율을 발표한 바 있다[7].

현재는 전세계적으로 수많은 종류의 임플란트가 개발되어 사용되고 있으며, 국내에서도 여러 종류의 임플란트 개발이 활발하게 진행되고 있다. 국내의 임플란트 개발 역사는 1990년 경부터 시작되었으며, 1997년 오스템 임플란트에서 Osstem implant system (Osstem Co., Seoul, Korea)의 생산을 시작하였다. 그 후 지속적인 연구가 지속되면서 US, SS, GS, TS 등의 시스템이 출시되었고, 다양한 임상적 상황에 적용할 수 있게 되었다. 이들 임플란트를 사용했을 때의 임상적인 결과에 대해서는 Kim 등에 의해 연구된 바 있다[8,9].

골유착성 임플란트의 성공을 평가하기 위해 1975년 Swedish National Board of Health and Welfare 에서 최초의 평가를 시행한 이후 1977년 Brånemark 등의 치근형 골유착성 임플란트의 10년 임상 관찰을 하였고[10,11], 1981년 Adell 등의 15년 장기 임상 관찰 및 보고 등 최근까지도 수많은 연구가 이루어 졌다[12]. 2002년 Kim 등 은 임플란트의 식립 유형에 따른 성공률 연구에서 평균 3년의 임플란트 성공률이 94% 라고 보고하였다[13]. 또한 이러한 환경 속에서 다양한 특성의 임플란트 제품이 생산되고 있으며 초기에 비해 최근에는 형태, 표면처리 기법, 기타 품질 등의 향상으로 근래 연구에서는 제품 간의 차이가 거의 없다고 보고되고 있다[14,15].

다수의 임플란트의 실패가 임플란트 식립 초기에

발 생하는 경우가 관찰되었는데 Adell 등 은 임플란트 식립 이후 초기 2 년간 가장 높은 실패율을 보인다는 것을 보고하였으며[16], Zarb와 Schmitt의 골유착과 관련된 연구에서 임플란트 실패는 매 식 후 1년 사이에 나타나기 쉽다고 보고하였다[17].

1998년 Esposito 등 은 보철물 장착 시기를 기준으로 초기 실패와 후기 실패로 분류하였을 때 Brånemark 임플란트의 보철 전에 나타나는 초기 실패 가 전체 실패의 47 % 가량을 차지한다고 보고하였다[18].

최근 연구에 따르면 저 출력 초음파를 이용하여 골절치유나 림프종, 암치료, 골육종 세포에서의 연구와 함께 세포의 이동이나 뼈 치유 촉진 및 혈관 신생과 관련한 연구가 발표되고 있다[19-22]. 최근 치과계에서 주목 받고 있는 치료용 저 출력 초음파 는 여러 성장인자, 골 형성 단백질 등의 생물학적 자극뿐만 아니라 물리적인 자극에도 민감한 것으로 알려지고 있다[23].

저출력 초음파는 세포의 자극이 적고 비침습적 창상 치 유 방법으로서, 주로 1 MHz, 3 MHz의 주파수를 주로 사용 하고 있다[24]. 조골세포가 증식하는 것은 골 치유를 촉진시킴에 있어 3 MHz의 주파수가 효과적이며 이때 발생하는 열적, 전기적 효과가 세포증식에 효과적임을 알 수 있다[25].

따라서 본 연구에서는 임플란트 식립 후 초기 실패율 감소에 중요한 초기 골융합 증진에 850 nm 적외선 조사와 3 MHz 초음파 조사의 영향을 3주 /6주로 비교 평가 하고자 한다.

## 2. 본 론

### 2.1 실험재료

Fig. 1와 같이 실험계의 종 및 계통은 Rabbit /

NZW(NewZealand White)이며, 토끼의 경우 bone관련 실험들을 가장 많이 하는 종으로 골은 인간의 장력과 비슷한 골인장력을 가져서 골 실험 관련해서 최적화된 동물로 선정하였다.

실험계는 체중 약 3~3.5 kg의 암컷으로 12마리 입수 후 7일간 일반증상을 관찰하며, 건강한 동물임을 확인하는 검역 및 순화기간을 가지고 시험에 적용하였다.

실험계의 사육환경은 온도 (22 ± 3)℃, 상대습도 (50 ± 20) %, 환기횟수 10~15 회 /hr, 명암 cycle은 형광등조명 12 hr. (08:00 점등~20:00 소등), 조도 150~300 Lux, 실험용 고품사료를 개체 체중을 고려하여 제한급여하였다. 음료는 음용 상수도수를 RO수장치를 통하여 음수병에 넣어 자유 섭취 후 관찰하였다.

### 2.2 실험방법

Fig. 2와 같이 실험동물 NZW Rabbit의 우측 대퇴골에 임플란트 3개를 식립하여 실험군으로 하고, 좌측 대퇴골에 동일하게 3개 임플란트를 식립하여 대조군으로 분류하였다.



동물종 : Rabbit  
계통 : NZW (New Zealand White)  
체중 : 3~3.5kg  
성별 : Female

Fig. 1 Laboratory Animal Information

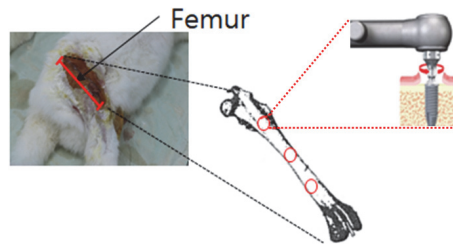


Fig. 2 Dental implant surgical schematic

우측 대퇴골인 실험군에 매일 850 nm 적외선 광조사와 3 MHz 초음파 조사를 통해 초기 골유착 변화를 비교관찰 하고, 비교 관찰 주기는 임플란트 식립 후 3주와 6 주 시점으로 하며, Torsion test 를 사용하여 비틀림 결과값을 평가하여 적외선조사와 초음파 조사 전후 비교를 통해 치과용 임플란트 식립 후 초기 골유착 변화를 관찰하였다.

실험동물 NZW Rabbit을 사용하여 마취 후 대퇴골(Femur)에 치과용 임플란트를 식립하여 골재생 자극기를 6주간 적용시켜 관찰하였다.

Fig. 3과 같이 실험동물 NZW Rabbit의 마취는 Zoletil 50 (50 mg /ml) /Rompun (23.32 mg /ml) 주사한 뒤 호흡 및 마취 상태를 관찰하며 등 부위

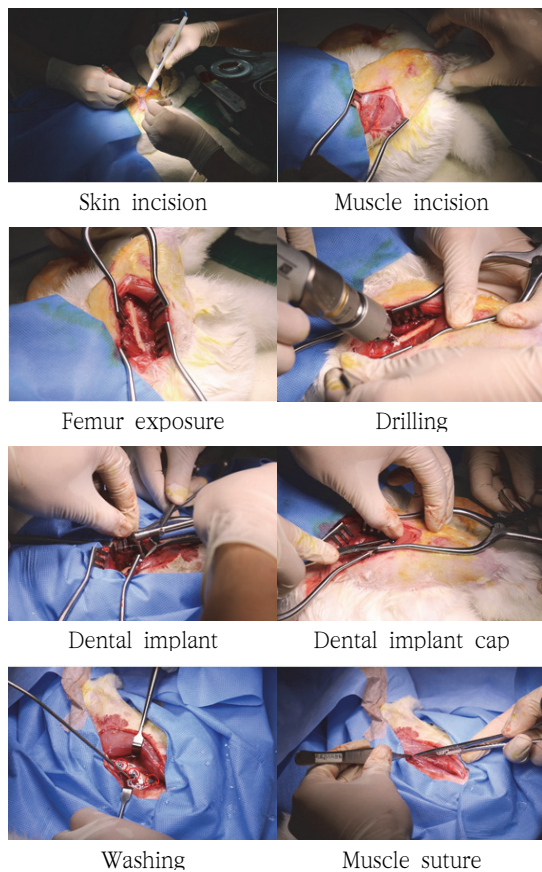


Fig. 3 Dental implant surgert set

를 제모한 뒤 알코올과 포비돈으로 3회 반복하여 소독을 실시 하였다. 치과용 임플란트 수술 중 또는 수술 후 염증 및 오염을 방지하고자, Gentamycin (5 mg /kg) Metacam® (0.2 mg /kg) 기준으로 피하주사(S.C) 하였다.

Fig. 4와 같이 치과용 임플란트 삽입 수술은 수술 전 근육 주사를 통해 마취를 실시 한 후 대퇴부 피부 표면에 털을 제모하고 알코올 및 포비돈으로 소독 및 절개하고, 근육을 절개한 후 대퇴골을 노출시켜 임플란트 수술용 드릴을 이용하여 한 쪽 대퇴골에 간격을 두고 치과용 임플란트 3개를 삽입 수술하고 반대쪽 대퇴골도 동일하게 삽입 수술을 진행하였다. 치과용 임플란트 삽입수술 후

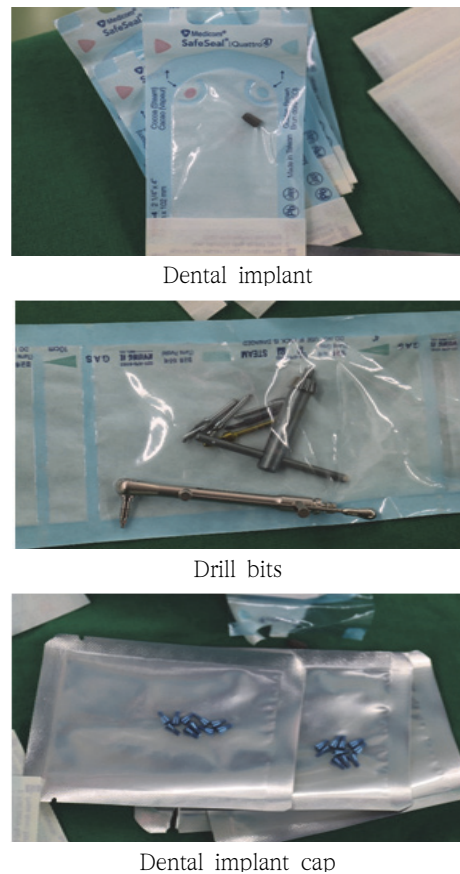
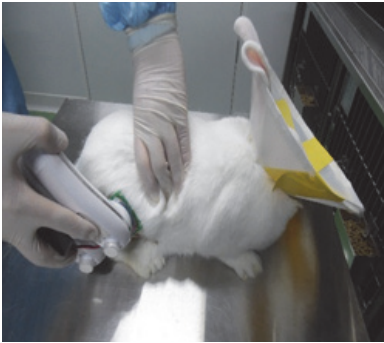


Fig. 4 Dental implant surgery set





850nm Infrared and 3MHz ultrasonic irradiation

**Fig. 5 Infrared and ultrasonic irradiation**

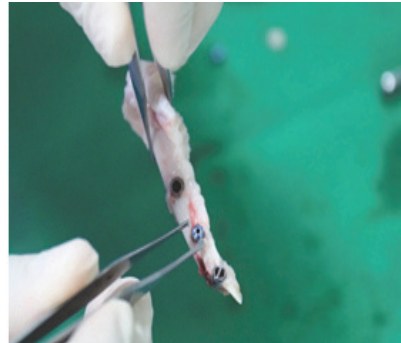
오염방지용 전용 캡(Cap)을 이용하여 임플란트와 체결하였다.

Fig. 5과 같이 근육 및 피부를 봉합 한 후 소독하고 매일 오른쪽 수술부위에 850 nm 적외선 광조사 및 3 MHz 초음파 조사를 매일 10분간 조사 적용하고 관찰하였다. 수술 후 감염방지를 위하여 수술부위를 3일간 포비돈으로 소독하고 항생제를 투여하였다.

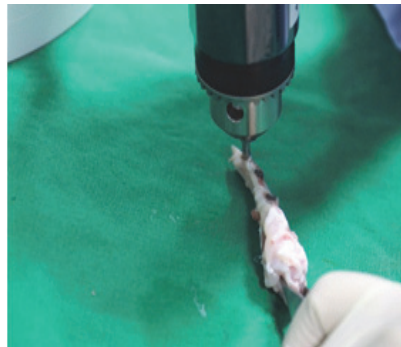
### 3. 평가 방법

일반증상관찰은 이식된 개체들의 외관, 사료섭취 및 음수섭취 상태, 이식부위의 육안적 반응을 관찰하였다. Fig. 6과 같이 대퇴골에 매일 10분간 조사 밀착 조사 적용한 골재생 자극기 적용 3주/6주 후 실험에 사용된 모든 실험계를 안락사 시키고 골재생 자극기 적용부위 주위의 염증 및 기타 특이사항에 대해 관찰하고, 이 후 골 조직을 채취하였다.

Fig. 7과 같이 비틀림 시험(Torsion test) 대퇴골에 삽입된 치과용 임플란트를 골재생자극기를 적용한 군과 적용하지 않은 비교군의 비틀림 시험을 통해 골전도 촉진 효과를 물리적으로 평가하였다.



Torsion test specimen collection



Torsion test

**Fig. 6 Specimen and tests**

Universal testing machine

**Fig. 7 Torsion test**

### 4. 결과

Table 1과 같이 시편은 #1~#12 까지 총 6마

Table 1. Test results sheet

시편 번호	부위1	부위2	부위3	평균	적용기간	부위
#1	1.50	1.20	3.01	1.90	3weeks	Right
#2	1.80	1.78	1.89	1.82	3weeks	Right
#3	1.58	1.45	1.70	1.58	3weeks	Right
#4	0.50	0.30	0.10	0.30	3weeks	Left
#5	0.65	0.43	0.62	0.57	3weeks	Left
#6	0.30	0.70	0.75	0.58	3weeks	Left
#7	17.32	12.95	19.95	16.74	6weeks	Right
#8	18.16	13.30	17.30	16.25	6weeks	Right
#9	15.45	18.85	14.95	16.42	6weeks	Right
#10	10.35	9.80	7.40	9.18	6weeks	Left
#11	7.30	5.20	10.55	7.68	6weeks	Left
#12	11.95	9.11	8.54	9.87	6weeks	Left

리의 NZW Rabbit을 사용하였고, #1~#6 까지 총 3마리 중 실험군인 우측 대퇴골에 해당되는 #1~#3 시편에만 3주간 850 nm 적외선 광조사 및 3 MHz 초음파 조사를 매일 10분씩 적용하고 비틀림 테스트를 진행하였고 대조군인 좌측 대퇴골에 식립된 #3~#6 시편은 소독만 실시하였다.

시편 #6~#12 까지 총 3마리 중 실험군인 우측 대퇴골에 해당되는 #6~#9 시편에만 6주간 850 nm 적외선 광조사 및 3 MHz 초음파 조사를 매일 10분씩 적용하고 비틀림 테스트를 진행하였고, 대조군인 좌측 대퇴골에 식립된 #10~#12 시편은 소독만 실시하였다.

각 시편마다 최소 10 mm이상 거리를 두고 3개 부위에 임플란트를 식립하였다.

### 5. 결론

일반증상관찰 결과는 850 nm 적외선, 3 MHz 초음파 조사 적용부위 주위로 염증 및 괴사 등의 증상은 관찰되지 않았고, 외관 및 사료 섭취 및

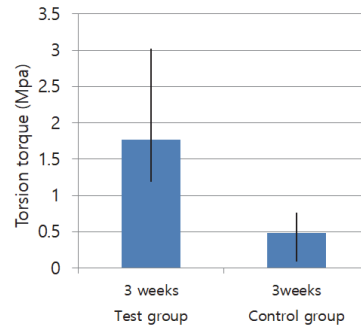


Fig. 8 Torsion test results after 3 weeks

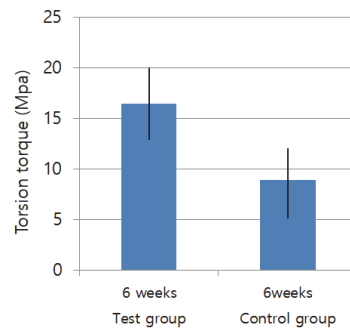


Fig. 9 Torsion test results after 6 weeks

음수섭취는 정상적으로 관찰되었고 모든 개체에서 특이증상은 관찰되지 않았다.

대퇴골에 치과용 임플란트를 식립하여 850 nm 적외선, 3 MHz 초음파 조사 3주와 6주 동안 적용하여 비교 관찰하였다. Fig. 9 와 같이 6 주의 적용기간 동안 적용부위 주위로 염증 및 괴사 등의 국소반응은 관찰되지 않았으며, 개체 별 특이 사항은 발견되지 않았다, 850 nm 적외선, 3 MHz 초음파 조사를 매일 10분간 조사한 실험군에서 비틀림 토크가 높게 나타났다.

본 연구에서 확인한 결과, NZW Rabbit의 대퇴골에 각 3개씩 치과용 임플란트를 식립하고, 우측 실험군에만 850 nm 적외선 조사와 3 MHz 초음파 조사를 매일 10분간 조사 후 3주 /6주 후의 골유착 변화를 만능시험기를 이용해 비틀림 테스트를 진행한 결과, Fig. 8과 같이 3주 적용한 시

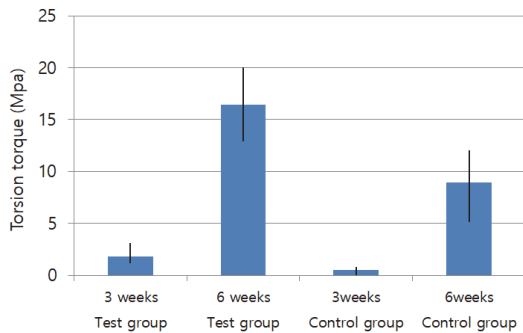


Fig. 10 Torsion test results after 3 and 6 weeks

편의 경우 #1 시편에서 3.01 MPa 최대 값이 측정되었고, #1 시편에서 1.20 MPa 최소값이 측정되었다. 대조군에서는 #6 시편에서 0.75 MPa 최대값이 측정되었고, #4 시편에서 0.10 MPa 최소값이 측정되었다. 시험군의 #1~#3 시편의 평균값은 1.76 MPa 이며, 대조군 #4~#6 시편의 평균값은 0.48 MPa 이다.

Fig. 10과 같이 본 연구에서 실험한 결과 3주 차에 비틀림 테스트 결과 값 중 대조군에 해당되는 #4~#6 시편의 경우 초기 골유착 진행도가 가장 낮은 시편은 0.10 MPa 값으로 측정되었고, 각 시편당 3개 부위를 포함해 총 9개 부위의 측정값이 모두 1.0 MPa 이하 값이 측정되었다. 이는 본 연구의 매우 핵심 부분으로 초기 골유착이 매우 낮은 것으로 측정되었다. 한편, 실험군 #1~#3 시편의 경우 총 9개 부위의 측정값이 모두 1.0 MPa 이상의 값이 측정되었고, 최대 3.01 MPa 값이 측정되어 850nm 적외선 광조사와 3 MHz 초음파조사가 치과용 임플란트와 골융합 개선 및 골질 개선에 영향이 있음을 확인하였다.

이상의 연구결과, 치과용 임플란트 실패율 감소를 위한 초기 골융합 증진에 적외선 광조사 및 초음파 조사가 식립 후 초기 골융합 증진 및 골질 개선에 효과가 있음을 확인하였고, 향후 치과분야의 임상 활용 사례가 더욱 늘어날 것으로 판단된다.

## 참고문헌

- [1] Tuner J, Hode L. Laser therapy, Clinical Practice and Scientific Background; A guide for research scientists, doctors, dentists, veterinarians and other interested parties within the medical field. Prima Books AB 2002;2-60.
- [2] Kim SG, Oh MS, Kim YK, Oh HK, Choi GL, Oh YH. Multicenter retrospective clinical study of Osstem USII implant system in complete edentulous patients. *Implantology* 2007; 11:12-21.
- [3] Kim YK, Yun PY, Kwon MJ. Short-term retrospective clinical Study of Osstem . GS II, US III, SS III Implants. *Implantology* 2008;12:12-22.
- [4] Krennmair G, Schmidinger S, Waldenberger O. Single-tooth replacement with the Frialit-2 system: a retrospective clinical analysis of 146 implants. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2002;17:78-85.
- [5] Romeo E, Lops D, Margutti E, Ghisolfi M, Chiapasco M, Vogel G. Long-term survival and success of oral implants in the treatment of full and partial arches: a 7-year prospective study with the ITI dental implant system. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2004;19:247- 59.
- [6] Wennström JL, Ekstubbbe A, Gröndahl K, Karlsson S, Lindhe J. Implant-supported single-tooth restorations: a 5-year prospective study. *J Clin Periodontol* 2005;32:567-74.
- [7] Kim JH, Jung MK, Moon HS, Han DH. The influence of Collar design on peri-implant marginal bone tissue. *J Korean Acad Prosthodont* 2008;46:53-64.8.] Albrektsson T, Isidor F. Consensus report of session IV. In: Lang NP, Karring T. *Proceedings of the 1st European Workshop on Periodontology*. London: Quintessence; 1993. pp. 365-9.
- [8] Kim SH, Kim SJ, Lee KW, Han DH. The effects of local factors on the survival of

- dental implants: A 19-year retrospective study. *J Korean Acad Prosthodont* 2010;48:28-40.
- [9] Bergman B. Evaluation of the results of treatment with osseointegrated implants by the Swedish National Board of Health and Welfare. *J Prosthet Dent* 1983;50:114-5.
- [10] Brånemark PI, Hansson BO, Adell R, Breine U, Lindström J, Hallén O, Ohman A. Osseointegrated implants in the treatment of the edentulous jaw. Experience from a 10-year period. *Scand J Plast Reconstr Surg Suppl* 1977;16:1-132.
- [11] Adell R, Lekholm U, Rockler B, Brånemark PI. A 15-year study of osseointegrated implants in the treatment of the edentulous jaw. *Int J Oral Surg* 1981;10:387-416.
- [12] Kim YS, Lee DK, Min SK, Lee J, Moon C. Clinical study on success rate of osseointegrated dental implants. *J Korean Assoc Maxillofac Plast Reconstr Surg* 2002;24:137-47.
- [13] Esposito M, Grusovin MG, Coulthard P, Thomsen P, Worthington HV. A 5-year follow-up comparative analysis of the efficacy of various osseointegrated dental implant systems: a systematic review of randomized controlled clinical trials. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2005;20:557-68.
- [14] Hong JY, Chae GJ, Jung UW, Kim CS, Cho KS, Chae JK, Kim CK, Choi SH. Retrospective studies of dental implant placement at each intraoral site and situation. *J Korean Acad Periodontol* 2007;37:805-24.
- [15] Kondo T, Yoshida T, Ogawa R, et al.: Low-intensity ultrasound adjuvant therapy: enhancement of doxorubicin induced cytotoxicity and the acoustic mechanisms involved. *J Med Ultrasonics* 36: 61-68, 2009.
- [16] Zarb GA, Schmitt A. The longitudinal clinical effectiveness of osseointegrated dental implants: the Toronto study. Part III: problems and complications encountered. *J Prosthet Dent* 1990;64:185-94.
- [17] Esposito M, Hirsch JM, Lekholm U, Thomsen P. Biological factors contributing to failures of os-seointegrated oral implants. (I). Success criteria and epidemiology. *Eur J Oral Sci* 1998;106: 527-51.
- [18] Pounder NM, Harrison AJ: Low intensity pulsed ultrasound for fracture healing: a review of the clinical evidence and the associated biological mechanism of action. *Ultrasonics* 48: 330-338, 2008.
- [19] Sawai Y, Murata H, Koto K: Effects of low-intensity pulsed ultrasound on osteosarcoma and cancer cells. *Oncol Rep* 28: 481-486, 2012.
- [20] Wang FS, Kuo YR, Wang CJ, et al.: Nitric oxide mediates ultrasound-induced hypoxia-inducible factor-1 $\alpha$  activation and vascular endothelial growth factor-A expression in human osteoblasts. *Bone* 35: 114-123, 2004.
- [21] Tang CH, Lu DY, Tan TW, Fu WM, Yang RS: Ultrasound induces hypoxia-inducible factor-1 activation and inducible nitric-oxide synthase expression through the integrin/integrin-linked kinase/Akt/mammalian target of rapamycin pathway in osteoblasts. *J Biol Chem* 282: 25406-25415, 2007.
- [22] Hwang YS, Jeon HJ, Shin SH, et al.: Effect of low intensity pulsed ultrasound (LIPUS) on bone healing around a titanium implant in the tibia of osteoporosis-induced rats. *J Korean Assoc Oral Maxillofac Surg* 37: 386-395, 2011.
- [23] Duarte LR: The stimulation of bone growth by ultrasound. *Arch Orthop Trauma Surg* 101: 153-159, 1983.
- [24] Machen MS, Tis JE, Inoue N, et al.: The effect of low intensity pulsed ultrasound on regenerate bone in a less-than-rigid biomechanical environment. *Biomed Mater Eng* 12: 239-247, 2002.