

해면골의 두께 및 밀도가 임플란트의 1차 안정도에 미치는 영향에 관한 연구: in vitro

홍승범, 김민석¹, 전태현, 김영각, 현 기, 주 총¹, 최연조², 전상호, 류재준², 권종진

고려대학교 안암병원 치과 구강악안면외과, 고려대학교 임상치의학대학원¹, 고려대학교 안암병원 치과 보철과²

The influence of the cancellous bone thickness and density on the implant primary stability

Seung Beom Hong, Min-suk Kim¹, Tea-hyun Jeon, Young-kak Kim, Ki Hyun, 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 this study was to evaluate the influence of the cancellous bone thickness and density on the implant primary stability.

Materials and Methods: The implants used in this experiment were Biotem implants, designed internal submerged tapered (\varnothing 4.0 mm \times 11.5 mm, RBM surface, Seoul, Korea). A total of the 108 Biotem implants were installed into 18 artificial block bone blocks (Sawbones, Pacific Research Laboratories, Washington, USA). The artificial bone blocks were divided depending on density (D3, D4 bone) and each group was divided again into 3 groups according to cortical bone thickness (0 mm, 1 mm, 2 mm). The cancellous bone part of artificial bone blocks were removed leaving 2 mm, 5 mm, 8 mm bone thickness. Then, we inserted the implants on the artificial bone blocks. For each bone block, 6 installation sites were prepared. After inserting the implants, we measured the ISQ (Implant Stability Quotient) value with Osstell Mentor. Finally, the 2 way ANOVA was undertaken for statistical analysis ($P < 0.05$).

Results: We compared the ISQ values with different density and thickness of cancellous bones. The stabilities on D3 and D4 bones show a statistically significant difference in ISQ values. The thickness of the cancellous bone on D3 showed a statistically significant difference when the thickness of the cortical bone was zero and 1mm. However, the thickness of the cancellous bone on D3 did not show a statistically significant difference when the thickness of the cortical bone was 2 mm. The thickness of the cancellous bone on D4 showed a statistically significant difference when the thickness of the cortical bone was zero. However, the thickness of the cancellous bone on D4 did not show a statistically significant difference when the thickness of cortical bone was 1mm and 2 mm. The influence of cancellous bone was greater when the quality of bone was greater and the thickness of cortical bone was thinner.

Conclusion: There was a statistically significant difference of the primary stability due to cancellous bone density of D3 and D4 bone. However, there was no statistical significance in the primary stability when cortical thickness was 2mm regardless the thickness of the cancellous bone. The influence of cancellous bone was greater when the quality of bone was greater and the thickness of cortical bone was thinner. (**JOURNAL OF DENTAL IMPLANT RESEARCH 2014;33(2):48-52**)

Key Words: primary stability, cortical bone, cancellous bone thickness and density, ISQ value

Received May 25, 2014, Revised June 8, 2014, Accepted June 15, 2014.

© 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

서 론

현재까지 임플란트는 치아가 몇 개 상실됐거나 무치악 환자에 있어 가장 보편적이고 이상적인 치아 수복 치료 방법으로 인정받고 있으며^{1,2)} 최근에는 치유 기간 없이 임플란트 식립 후 바로 기능 부하를 가하는 즉시 부하 치료도 많이 시행하고 있다³⁻⁵⁾. 이때 중요한 것이 임플란트의 초기 안정성(Initial stability)으로 임플란트의 성공과 예후를 판단할 수 있는 중요한 요소 중 하나이다.

초기 안정성에 영향을 미치는 요소에는 크게 3가지로 첫째, 임플란트 디자인, 둘째, 수술테크닉, 셋째, 골질을 들 수 있다⁶⁾. 이 3가지 요소 중 골질은 술자가 조절할 수 없는 부분으로 임플란트 1차 안정성에 있어 특히나 중요한 부분이라 할 수 있다.

골질의 평가는 골밀도를 기초로 구분하고 있으며, 골질에 따라 임플란트 식립 후 상부구조 제작 시까지의 치유 기간을 달리하도록 추천되므로, 식립 부위의 정확하고 객관적인 골밀도 평가는 상부구조의 제작 시기를 결정하는데 중요한 지침이 될 수 있다.

결국 초기 고정력을 바탕으로 임플란트의 보철물 장착과 부하 시기를 결정하게 되므로 임플란트의 1차 안정도를 높이려는 노력은 여러 방면으로 연구되어 왔다^{7,8)}. 임플란트는 초기 안정성의 대부분을 주로 피질골에서 얻을 수 있다. 하지만, 피질골의 두께가 많이 얇을 경우와 발치 후 얼마 안 되어 피질골이 상실된 경우 해면골의 두께량이 초기 고정력에 중요한 역할을 할 수 있을 것이라고 사료된다.

기존 연구에서는 임플란트 식립시 초기 고정력의 중요성을 강조 하면서, 여러 가지 다양한 조건 하에서 그 값을 비교 연구해 왔다⁹⁾. 그러나 임플란트 안정도 측정값을 구할 때, 피질골의 존재 유무하에 해면골의 두께량과 밀도가 얼마만큼 중요한 역할을 미치는지에 대한 연구는 부족한 현실이다. 이에 본 연구에서는 인공 더미에서 임플란트 일차 안정도에 영향을 미치는 요인들을 평가하고 피질골의 두께

에 따라 해면골의 두께 및 밀도가 임플란트 일차 안정도에 얼마만큼 영향을 미치는지 평가하려 한다.

재료 및 방법

1. 실험재료

D3, D4 인골 골질을 모방한 인공더미(Sawbones, Pacific Research Laboratories, Washington, USA) 각각 9개씩 총 18개 블록을 이용하였다.(Fig. 1) 그리고 4.0×11.5 mm internal submerged tapered Implant ((주) 바이오템, 한국) 108개를 사용하였다. 임플란트는 RBM 표면의 submerged type으로 상부 3.5 mm 미세나사형 tapered 형태로 되어있다.(Fig. 2) 인공더미는 D3, D4 bone 안에서 피질골의 두께에 따라 다시 3종류로 분류하였다(0 mm, 1 mm, 2 mm).

2. 실험방법

1) 인공더미는 해면골의 밀도에 따라 D3와 D4 각각 9개씩 나누고 다시 피질골의 두께에 따라 3종류(0 mm, 1 mm, 2 mm)로 나눴다.

2) 준비된 인공더미는 해면골에 2 mm, 5 mm, 8 mm로 표시한 후 표시된 두께만큼 각각 남기고 제거하였다.(Fig. 3)

3) Biotem 임플란트(직경 4.0 mm×길이 11.5 mm)를 준비된 인공더미에 식립하였다. 한 인공더미에는 총 6개의 임플란트를 식립할 공간을 부여한 후 동일 술자, 동일 술식으로 카보엔진을 이용하여 모두 18개의 인공더미에 총 108개의 임플란트를 식립하였다.(Fig. 4)

4) 식립 후에는 Osstell mentor를 이용하여 임플란트의 ISQ

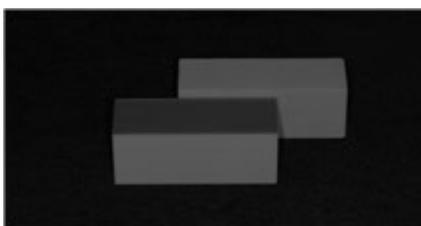


Fig. 1. Artificial bone model.

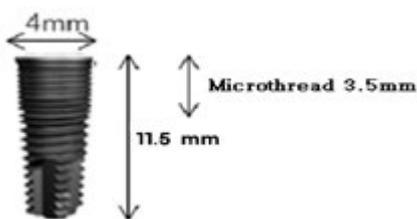


Fig. 2. Implant (Biotem®) (Internal submerged tapered Implant).

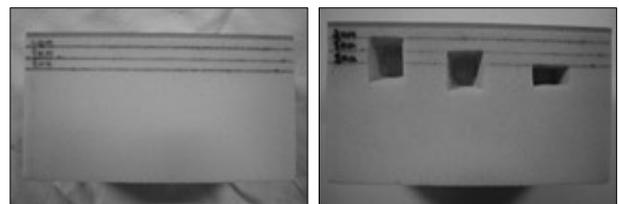


Fig. 3. (Left) Artificial bone block with marks, (Right) Cancellous bone removal.

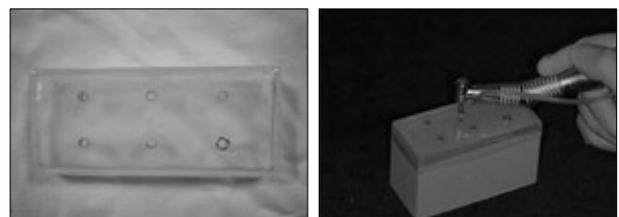


Fig. 4. A stent and preparation of installation sites using the stent.

값을 측정한다.

5) 통계분석

마지막으로 SAS 9.2 프로그램을 이용하여, T-test와 Two way ANOVA를 시행해서 측정값의 정규 분포를 조사하고 각각의 유의성(P<0.05)을 평가 한다.

결 과

1. Raw Data (기초 통계량)

실험결과는 다음과 같다. 18개의 인공뼈에서 6개씩 총 108개의 임플란트가 식립된 부위에서 각각의 ISQ값을 모두 측정한 후에 통계 분석을 시행하였다.

Raw Data에서 나온 ISQ 값을 가지고 D3 bone과 D4 bone, 피질골과 해면골의 ISQ값들의 평균값과 표준편차를 구한 표이다 (Table 1). D3 bone과 D4 bone과의 ISQ값 차이는 평균 8 정도가 나왔다. 피질골이 0 mm에서 1 mm로 증가시에는 ISQ값의 급격한 변화를 관찰할 수 있었다. 하지만 피질골이 1 mm에서 2 mm로 증가시에는 그다지 큰 변화가 없었음을 알 수 있다. 또한 해면골의 두께가 3 mm씩 증가할 수록 전체적인 ISQ값의 증가도 관찰할 수 있었다.

2. D3 bone VS. D4 bone

D3 bone과 D4 bone 간 평균 ISQ값의 P-value는 0.05 보다 현저하게 낮았다(Table 2). 따라서 D3와 D4는 안정도 ISQ값에서 통계학적으로 유의한 차이를 보임을 알 수 있다. 이렇게 두 group 간의 차이가 있음을 확인한 후에는, 두 그룹간의 차이 뿐 아니라 각

Table 1. Mean of ISQ (Implant stability quotient) values

Raw Data	ISQ		P-value D3 and D4	
	Mean	Std		
total	70.87	10.35	<0.0001	
Bone	D3	74.78		9.60
	D4	66.96		9.65
Cortical bone thickness	0	58.58		7.61
	1	76.36		4.56
	2	77.67		3.89
Cancellous bone thickness	2	67.67		11.93
	5	71.50		9.91
	8	73.44		8.33

Table 2. ISQ of D3 and D4 bones

Bone	Number	Mean	Std Dev	Minimum	Maximum	P-value
D3	54	74.7778	9.6048	52	84	<0.0001
D4	54	66.963	9.6465	48	77	
Diff (1-2)		7.8148	9.6257			

group 안에서의 차이를 좀 더 자세히 알아보기 위해 이원분산분석을 시행하였다.

3. ISQ of D3 bone (Fig. 5)

ANOVA Duncan's multiple range test를 이용하여 D3 bone block에서 피질골이 0 mm, 1 mm, 2 mm일 때 해면골의 두께에 따라 서로 통계학적으로 유의성이 있는지 살펴보았다.

피질골의 두께가 0 mm일 때 해면골의 두께 8 mm, 5 mm, 2 mm에서 ISQ값들은 통계학적으로 서로 유의미한 차이를 가졌다. 피질골의 두께가 1 mm일 때 해면골이 8 mm와 5 mm, 8 mm와 2 mm일 때는 그 차이가 서로 통계학적으로 유의미했으나 5 mm와

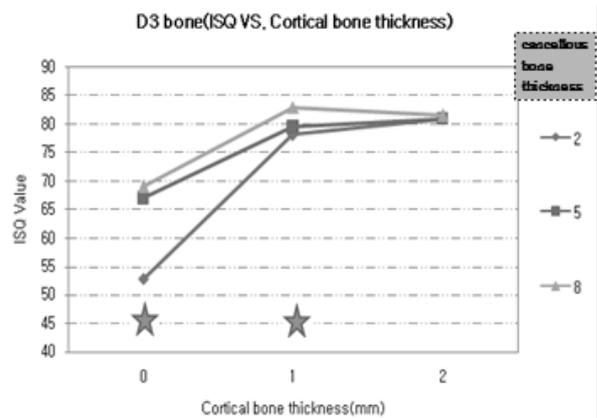


Fig. 5. D3 bone ISQ graph (★:통계학적 유의차를 갖는 피질골 두께 값).

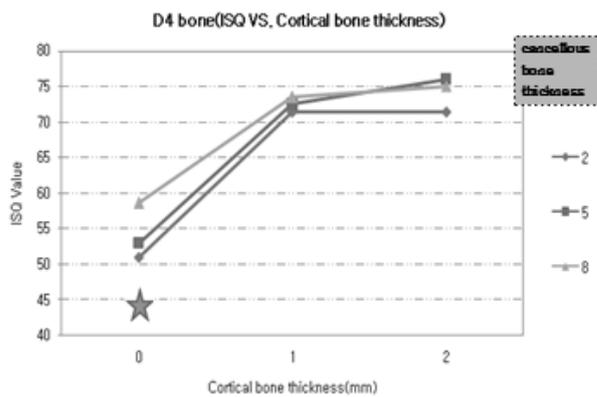


Fig. 6. D4 bone ISQ graph (★:통계학적 유의차를 갖는 피질골 두께 값).

2 mm 간에는 유의미한 차이를 보이지 않았다. 피질골의 두께가 2 mm일 때 해면골의 두께에 따른 ISQ값 사이에는 통계학적으로 유의미한 차이를 보이지 않았다.

4. ISQ of D4 bone (Fig. 6)

D3에서와 같이 D4 bone block에서도 ANOVA Duncan's multiple range test를 이용하여 피질골이 0 mm, 1 mm, 2 mm 일 때 해면골의 두께에 따라 통계학적 유의성이 있는지 살펴보았다. 피질골의 두께가 0 mm일 때 해면골이 8 mm와 5 mm, 8 mm와 2 mm일 때는 통계학적으로 그 차이가 유의미했으나 5 mm와 2 mm 간에는 유의미한 차이를 보이지 않았다. 이는 D3 bone의 피질골이 1 mm 일때의 경우와 서로 같다. 피질골의 두께가 1 mm일때 해면골의 두께는 안정도에서 통계학적으로 유의미한 차이를 보이지 않았다. 피질골의 두께가 2 mm일 때 해면골의 두께는 안정도에서 통계학적으로 유의미한 차이를 보이지 않는다. 피질골이 1 mm 이상이 되면 D4 bone에서는 피질골의 두께가 임플란트 안정계수에 아무런 영향을 미치지 못했다는 것을 알 수 있었다.

고 찰

골 유착을 얻기 위해서 처음 제안된 술식은 4~6개월 치유기간 후 임플란트에 부하를 가하는 것이었으나, 즉시 부하(immediate loading)나 초기 부하(early loading) 술식 역시 높은 예견성이 있음이 보고되면서 초기 안정성에 대한 중요성은 더욱 부각되었다¹⁰⁻¹².

안정성은 일차 안정도(primary stability)과 이차 안정도(secondary stability)로 나눌 수 있다. 임플란트의 초기 안정성, 즉 일차적 안정도는 임플란트 식립시에 일어나며 primary bone contact의 정도와 관련이 있다¹³. 이는 임플란트를 식립 할 때 외부의 힘으로부터 골유착을 방해할 정도의 미세동요를 방지할 수 있는 최소한의 고정 상태를 나타내는 기계적 안정성을 의미하며, 이 상태가 향후 치유기간 동안 primary bone contact이 감소함에 따라 woven bone과 lamellar bone으로 이루어지는 secondary bone contact이 증가하는 이차 안정성 및 회복기간 등에 영향을 미치는 주요 변수가 되는 것임은 잘 알려진 사실이다. Adell 등은 임플란트 초기 안정성이 골유착의 필수 요건이라고 하였고, 골유착의 효과적 예견 지표로 제안되었다¹⁴. 또한 높은 초기 안정성은 임플란트에서 좀 더 예견성 있는 즉시 부하를 가능하게 한다¹¹.

본 연구에서는 여러 변수를 제한하기 위해, 임플란트 식립시만을 기준으로 삼았으며, 임플란트의 안정도 값은 인공더미의 피질골의 두께가 2 mm일 경우에는 해면골의 두께에 따라 1차안 정도의 통계학적 유의성이 없고, 피질골의 두께가 0 mm와 1 mm일 경우에는 해면골의 두께에 따라 통계학적인 유의성을 보이는 1차안정도의 차이가 나타날 것이라는 가설을 세워 그것을 증명하는 것을 목적으로 삼고 실험을 진행하였다.

이번 실험에 사용된 임플란트는 임상에서 일반적으로 사용하는 크기와 형태를 가진 Biotem사의 4.0×11.5 mm internal submerged tapered implant 이다. 임상에서 너무 긴 임플란트는 bone heating의 염려로 사용을 꺼리고, 나사풀림을 줄이고자 internal 형태를 사용하고, 골질이 안 좋은 경우엔 골유착 전에 임플란트에 가해지는 하중을 없애고자 submerged 형태를 사용하며, tapered 형태를 사용하여 초기 고정력을 높이려는 이유 때문이다.

실험 결과는 실험 전 세운 가설과 일치하였다. D3 bone에서는 피질골 두께가 0 mm, 1 mm일 때 해면골의 두께간에서 통계학적 유의미한 차이를 보였다. 피질골의 두께가 0 mm에서 1 mm로 늘어날 때 ISQ값은 전체적으로 급격히 증가되었으나 1 mm에서 2 mm로 늘어났을 경우에는 그 차이가 미미하였다. 피질골의 두께가 2 mm에서는 해면골의 두께는 ISQ값에 거의 영향을 주지 못했다. D4의 경우 피질골의 두께가 0 mm 일때에서만 해면골의 두께간 통계학적 유의미한 차이를 보였을 뿐 피질골의 두께가 1 mm 이상에서는 통계학적 유의미한 차이는 없었다. D4의 경우도 피질골의 두께가 0 mm에서 1 mm로 늘어났을 경우 ISQ값의 큰 증가가 있었으나 1 mm에서 2 mm로 늘어났을 경우에는 그 차이가 미미하였다.

초기 안정성이 좋은 경우 짧은 치유 기간이 필요하며 초기 안정성이 좋지 않은 경우 긴 치유 기간을 통해 이차 안정성에서 충분한 안정성을 얻어야 한다. 이차 안정성은 임플란트와 보철물이 결합된 상태에서 얼마나 효과적으로 동작할 수 있는가에 대한 평가로 이해할 수 있다.

결국 임상가들에게는 임플란트 안정성을 진단하고 측정하는 것이 문제가 된다. 더욱이 매우 골질이 좋지 않은 증례에서 장기적으로 성공적인 기능을 위한 충분한 안정성을 얻기 위해 적절한 치유기간이 얼마인지 아직은 알지 못한다. 수술 자체가 임플란트 안정성에 어떤 영향을 미치는지도 밝혀지지 않았다. 만약 임플란트 식립 수술 후 골 흡수가 발생한다면 임플란트 안정성은 감소된다. 이러한 경우 초기에 하중을 가하면 실패가 되어 최악의 상황이 된다. 그러므로 임상가는 임플란트 안정성을 측정하여 치유 기간을 증례별로 달리하여 최대한 성공을 얻도록 해야 한다.

초기 안정성은 즉시기능 부하에 있어 가장 중요한 요소이다. 동요가 없는 상태의 초기의 기능적인 부하는 임플란트와 골유착을 위한 필수적인 조건으로 알려져 왔다. 오히려 조절된 미세 동요는 초기 치유단계에서 골 형성을 위한 유용한 자극원이 될 수도 있다. Hoshaw 등¹⁵은 초기의 Stress-Strain정도가 골 개조과정에 영향을 준다고 하였고, Fritton¹⁶은 초기의 기능적인 부하가 골 조직의 세포부착에 직접적, 간접적 영향을 미치는 골 견인(bone-strain)을 야기한 다고 하였다.

임플란트의 성공여부를 예상하고, 평가하고, 하중부하 시기를 결정함에 있어 가장 중요한 요소 중의 하나인 임플란트의 안정도 측정 시 피질골의 두께에 주로 중점을 두고 연구들이 진행되어 왔다. 피질골이 안정도에 미치는 영향이 지대하므로 당연한 결과라 생각할 수

있지만 피질골이 얇은 경우와 피질골이 아예 없는 경우 해면골의 역할은 그만큼 더 중요해진다. 이번 실험을 통해 피질골의 2 mm 이상 일 경우에는 임플란트의 해면골과의 초기고정력의 증가로 연결되지 않았음을 알 수 있다. 반대로 위 실험에서와 같이 피질골의 2 mm 이하로 현저하게 얇은 경우나 발치 후 즉시 식립 같이 피질골 자체가 상실된 경우, 임플란트가 해면골에 잠기는 면적이 초기 고정력에 중요한 역할을 할 수 있다. 따라서, 해부학적으로 허용되는 범위내에서는 가능한 긴 임플란트를 심어 해면골과의 접촉 면적을 늘리고 최대의 초기 고정력을 얻을 수 있게 식립하는 것을 고려해 볼 수 있다.

결 론

1) D3 bone과 D4 bone 피질골의 임플란트 1차 안정도를 나타낼 수 있는 ISQ값의 통계학적 유의미한 차이가 보였다.

2) 피질골의 2 mm일 경우에는 해면골의 두께에 따라 D3, D4 bone 모두에서 ISQ값의 통계학적 유의성이 없었다.

3) Bone의 quality가 높을수록 피질골의 두께가 얇을 때 해면골의 영향력은 더 컸다.

피질골의 2 mm 이하로 현저하게 얇은 경우나 발치 후 즉시 식립 같이 피질골 자체가 상실된 경우, 임플란트가 해면골에 잠기는 면적이 초기 고정력에 중요한 역할을 할 수 있다. 따라서, 해부학적으로 허용되는 범위 내에서는 가능한 긴 임플란트를 심어 초기 고정력을 높일 수 있을 것으로 사료된다.

REFERENCES

1. Guckes AD, Scurria MS, Shugars DA. A conceptual framework for understanding outcomes of oral implant therapy. *J Prosthet Dent.* 1996;75:633-9.
2. 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.
3. Testori T, Meltzer A. Immediate occlusal loading of Osseotite implants in the lower edentulous jaw. A multicenter prospective study. *Clinical Oral Implants Res.* 2004;15:278-84.

4. Collaert B, De Bruyn H. Immediate functional loading of TiO blast dental implants in full-arch edentulous maxillae: a 3-year prospective study. *Clin Oral Implants Res.* 2008;19:1254-60.
5. Abboud M. Immediate loading of single-tooth implants in the posterior region. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2005;20:61-8.
6. Meredith N. Assessment of implant stability as a prognostic determinant. *Int J Prosthodont.* 1998;11:491-501.
7. Lioubavina-Hack N, Lang NP, Karring T. Significance of primary stability for osseointegration of dental implants. *Clin Oral Implants Res.* 2006;17:244-50.
8. 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.
9. Effect of Drilling Technique on the Early Integration of Plateau Root Form Endosteal Implants: An Experimental Study in Dogs 2011 American Association of Oral and Maxillofacial surgeons *J Oral Maxillofac Surg.* 2011;69:2158-63.
10. Albrektsson, T., Isidor, F. Consensus report of session V. IN Lang, N-P., Karring, T., des. *Proceedings of the 1st European workshop on periodontology.* London: Quintessence Publ. Co. 1994;365-9.
11. Szmucner-Moncler S, Piattelli A, Favero GA, Dubruille JH. Consideration preliminary to the application of early and immediate loading protocols in dental implantology. *Clin Oral Implants Res.* 2000;11:12-25.
12. Degidi M, Piaaattelli A. Immediate functional and non functional loading of dental implants: a 2-to 60- month follow-up study of 646 titanium implants. *J Periodontol.* 2003;74:225-41.
13. Branemark P-I. *Introduction to Osseointegration Tissue-Integrated Protheses* Chicago and Berlin, Quintessence, 1985.
14. 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.
15. Hoshaw SJ, Brunski JB, Cochran GVB. Mechanical loading of Branemark implants affects interfacial bone modelling and remodeling. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 1994;9:345-60.
16. Fritton SP. Quantifying the strain history of bone: spatial uniformity self-similarity of low-magnitude strains. *J of Biomechanics.* 2000;33:317-25.