

날개 구조를 갖는 임플란트가 상부에 가해지는 응력의 분산에 미치는 영향에 관한 연구

박종욱¹, 공윤수², 이영만³, 최동주⁴

¹라임치과, ²미보치과, ³은평치과, ⁴라이프치과

Stress discriminating effect of wing structured implant

Jong-Wook Park¹, Yoon Soo Gong², Young Man Lee³, Dong Ju Choi⁴

¹Laim Dental Clinic, Seoul, ²Mibo Dental Clinic, Seoul, ³Eunpyeong Dental Clinic, Seoul, ⁴Life Dental Clinic, Yangpyeong, Korea

Implant connects internal part of body to its external structure of body, and mainly supported by alveolar bone. When Implants are inserted to bone, it is needed osseointegration to retain structural integrity, so the important factor is sound bone around implant. Especially, implant doesn't have periodontal ligament, stress distribution differs a lot depends on multiple forces outside. Furthermore implant tends to spread infection easily to inner tissue, and more bone resorption. The etiologic factors for resorption are (1) traumatic injury during surgery, (2) excessive load due to trauma from occlusion, (3) periimplantitis, (4) micro gap between abutment and prosthetics, (5) abutment mobility, (6) biological width, and (7) implant design. etc. Bränemark implant system is known for excessive resorption of cervical surrounding bone. The character of that system has all factors mentioned above. Current implant design strengthens the bonding force between abutment and prosthetics, so that wants to reduce mobility and stress. Changing cervical implant design to reduce stress of surrounding bone, causes reduced implant stability or unfavorable biological width. so the key is stable cervical design doesn't have negative factors. In this article, we attached a "wing" designed for implant cervical design, and saw the difference of stress distribution and changes in bone remodeling. (THE JOURNAL OF KOREAN ACADEMY OF OSSEOINTEGRATION 2018;10(1):5-9)

Key words: Wing structure, Stress distribution

INTRODUCTION

임플란트는 인체의 내부와 외부를 연결하는 구조를 가지고 있으며 치조골 내에 지지를 받으면서 유지가 되고 있다. 임플란트는 구조상 골 유착을 통한 유지가 필요하기 때문에 임플란트 주변에 건전한 골 조직에 의해서 둘러 쌓여 있는 것이 매우 중요한 요소가 된다.

특히 임플란트는 자연치아와는 달리 치주인대 조직이 존재하지 않기 때문에 외부에서 가해지는 여러 가지의 다양한 힘에 의해서 주위 골에 전달되는 응력의 분포가 달라지게 된다. 또한 임플란트 주변에 감염이 발생한 경우 감염이 하부 조직으로 전달 되어 나가는 속도가 빠르며 골 손실이 더 잘 일어나는 경향을 보이기도 한다¹.

이러한 이유 때문에 임플란트 주위에 건전한 골 조직이 존재하는 것이 임플란트의 장기적인 유지에 매우 중요한 요소가 된다. 그러나 임플란트

주변에는 여러 가지 열악한 환경이 존재하며 이로 인해서 임플란트 주변에 골 조직들이 소실 되는 경우를 흔히 접하게 된다. 임플란트 경부골이 흡수되어 소실 되는 원인에 대해서는 여러 가지 학설이 존재한다. 이 중 수술 도중에 발생하는 외과적 손상², 교합력이 과도하게 작용하여서 발생하게 되는 과하증³, 임플란트 주위염⁴, 교정체와 지대주 사이에 존재하는 미세한 틈새⁵, 지대주의 고정 불량으로 인한 흔들림 현상⁶, 생물학적인 폭경⁷, 임플란트 경부의 디자인^{8,9} 등의 다양한 원인들이 단독으로 혹은 복합적으로 작용하는 것으로 인식되고 있다. 특히 구치부에 사용되는 직경이 넓은 임플란트는 식립 부위의 치조골 흡수를 야기하여 장기적인 예후가 불량해지는 원인이 되고 있으며 직경이 작은 임플란트를 사용하는 경우는 구조적인 취약성이 발생하여 임플란트 몸체가 파절되는 현상을 자주 보이기도 한다.

임플란트 주위 경부골의 응력을 감소시키는 것을 위해서 경부 구조를

Received November 22, 2018, Revised December 4, 2018, Accepted December 6, 2018

© 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: 최동주12556, 경기도 양평군 양평읍 역전길 24, 라이프치과

Corresponding Author: Dong Ju Choi, Life Dental Clinic, 24 Yeokjeon-gil, Yangpyeong-eup, Yangpyeong 12556, Korea, Tel: +82-31-775-8081, Fax: +82-31-775-8082, E-mail: djcdavid@hanmail.net

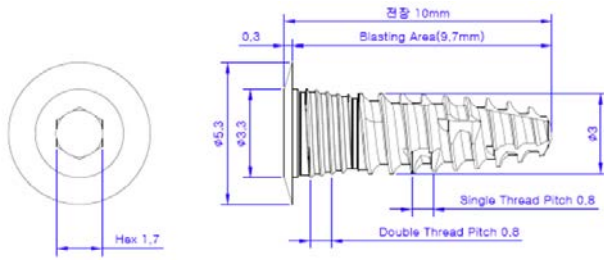
바꾸는 경우 임플란트의 안정성이 떨어지거나 생물학적 폭경이 불리해 지는 경우가 발생한다면 오히려 안정성이 떨어지기 때문에 이런 위험성을 피하고 골 형성을 촉진하기 위한 경부의 형태를 개선하는 것이 필요하다.

본 연구에서는 임플란트 경부에 날개 모양의 돌출부를 만들어 이것으로 인해 임플란트 자체에 가해지는 응력을 효과적으로 분산시킴으로 안정적인 임플란트를 만들 수 있는 근거를 마련하였다.

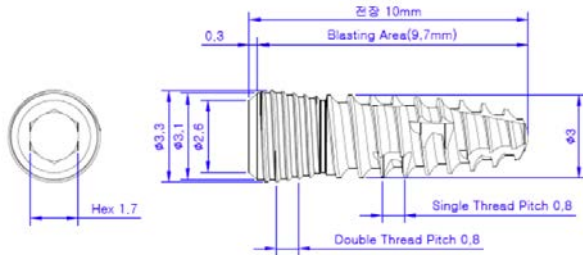
MATERIALS AND METHODS

1. 임플란트 해석 방법

1) 제시된 2가지 유형의 임플란트의 해석을 위해 도면을 기초로 하여 3

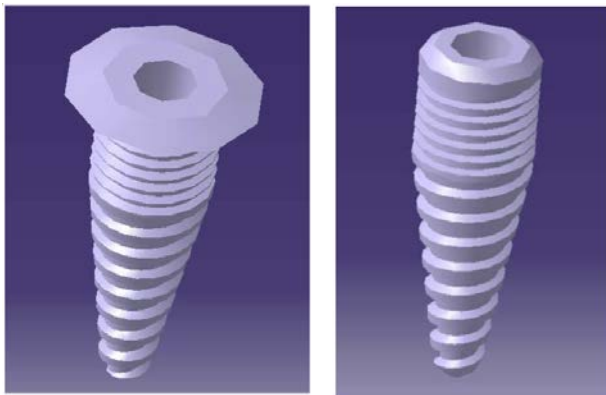


(A) IS3010WB의 CAD 도면



(B) IS3010G의 CAD 도면

Figure 1. CAD drawing of two type implant.



(A) IS3010WB의 CATIA V5 설계 모습

(B) IS3010G의 CATIA V5 설계 모습

Figure 2. Drawing of two type implant with CATIA V5.

차원적 구조 설계를 실시하였다.

2) 제 1 유형: IS3010WB, Submerged Implant - Wide Bevel Type (날개형).

제 2 유형: IS3010G, Submerged Implant - General Type.

Figure 1과 같이 CAD 도면을 기초로 3차원 설계 프로그램인 CATIA V5를 이용해 Figure 2와 같이 설계를 하였다.

3) CATIA V5로 설계된 IS3010WB / IS3010G의 구조에 다시 CATIA V5를 이용해 구조 해석을 위해 재료로 쓰인 titanium (Ti)의 물성치를 부여하였다(Table 1).

4) 물성치를 부여하고 난 뒤 구조 해석을 위해 전체 구조에 Mesh 작업을 수행하였다. IS3010WB / IS3010G의 Mesh 요소는 Table 2와 Table 3에 나타났다.

5) Mesh 작업 수행 후 finite element method (FEM)중 static analysis를 수행하였다.

4가지 조건의 force effect 30 N/m², 35 N/m², 40 N/m², 45 N/m² 부여하였다. 이 힘은 압력(N/m²)으로 Figure 3과 같이 Z축 방향, 즉 임플란트 윗면에 힘을 부여하였으며(노란색 화살표 방향) 아래쪽 부분(나사 부분)은 뼈에 고정된 것으로 가정하여 해석을 진행하였다.

RESULTS

Force effect 30 N/m², 35 N/m², 40 N/m², 45 N/m²를 부여한 결과 두 가지 Type에 대한 결과를 Figures 4~6과 같이 비교할 수 있다.

IS3010WB 윗부분의 날개형 모양이 IS3010G 보다 Z축 방향으로 가해지는 압력을 효율적으로 분산하는 모습을 확인할 수 있었다. 결과의

Table 1. Mechanical properties of Titanium for analysis

Material	Titanium
Young Modulus	1.14e+011 N/m ²
Poisson Ratio	0.34
Density	4460 kg/m ³
Thermal Expansion	0.0000095
Yield Strength	8.25e+008 N/m ²

Table 2. Elementary factors of the mesh of IS3010WB

Entity	Size
Nodes	1182
Elements	3478

Table 3. Elementary factors of the mesh of IS3010G

Entity	Size
Nodes	1229
Elements	3799

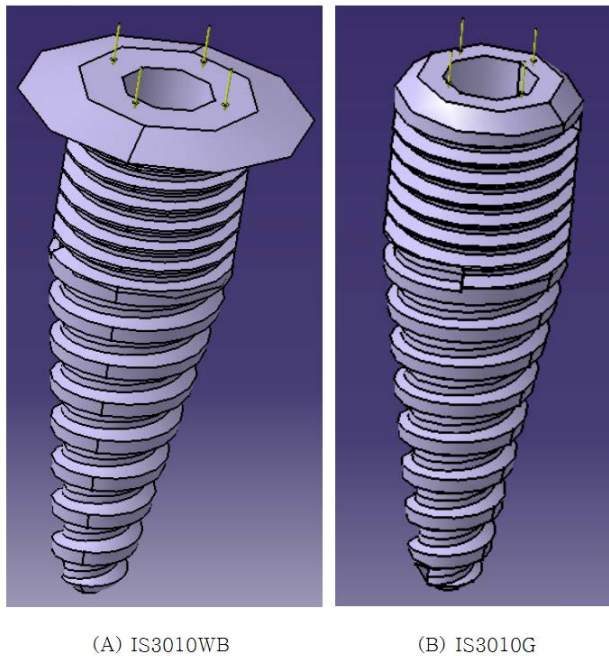


Figure 3. Stress added on the top of implant.

Maximum stress 그림에서 두가지 모형의 압력에 대한 구조적 변형을 확인해 보았을 때 압력이 점점 커짐에 따라 날개모형은 위쪽 구조가 거의 변형이 없으나, IS3010G 모형은 탭평한 부분이 점점 일그러지는 모습을 확인할 수 있었다. 상기의 결과에서처럼 IS3010WB 모형이 IS3010G 모형 보다 Maximum stress 결과로 IS3010WB 구조가 IS3010G 구조 보다 약 2 N/m^2 정도의 압력을 잘 분산하는 구조로 확인되었다. 또한 Tensor 결과도 압력으로 인한 구조적 안정성을 확인하였으며 3배 이상의 압력 분산 효과를 확인할 수 있었다. Displacement 결과에서 압력의 영향으로 구조적인 변화를 길이 단위로 보여주었으나 이 값은 $e-10 \text{ mm}$ 이하의 변화율을 보여주는 것으로 너무 그 값이 작아 그 차이가 명확하다 볼 수 없다. 전체적인 결과로 볼 때 IS3010WB 구조가 IS3010G 보다 압력 분산을 잘하는 구조로 확인되고 치과용 임플란트로 사용될 때 그 효용성이 높게 보인다.

DISCUSSION

임플란트를 식립한 후에 경부골의 안정성을 확보하기 위한 노력이 지속적으로 이루어지고 있으며 임플란트 표면의 성상을 변화시켜서 골 유착의 시간을 단축시키고 골 접촉량을 늘리고 접촉된 골의 강도를 증가시켜서 임플란트를 안정화시키는 방법, 임플란트의 경부에 미세한 나사선을 만들어서 골 손실을 최소화하는 방법, 일체형 임플란트를 만들어서 지대주의 동요를 방지하거나 생물학적인 폭경을 늘리는 방법 등이 사용중이다. 그 중 가장 많은 부분이 임플란트의 경부 형태를 변화시킴으로 응력을 가장 효율적으로 전달하는 방법이 개발되고 있다.

Pressure	IS3010WB	IS3010G
30 N/m^2	max=21.5978 N/m^2	max=23.0443 N/m^2
35 N/m^2	max=25.1974 N/m^2	max=26.885 N/m^2
40 N/m^2	max=28.7971 N/m^2	max=30.7257 N/m^2
45 N/m^2	max=32.3967 N/m^2	max=34.5564 N/m^2

Figure 4. Result of Maximum stress.

정 등¹은 임플란트의 경부에 응력의 변화를 관찰하기 위해서 일체형 임플란트 중 직선 형태를 가지고 있는 Nobel Biocare사의 NobelDirect[®]와 Straumann사의 ITT[®], 2가지 임플란트를 가지고 유한요소법을 이용하여 경부골에 미치는 응력의 변화를 관찰하여 분석한 결과 경부 공통부가 직선으로 되어 있는 경우 보다는 함몰 부위를 만들어서 곡선으로 형성한 경우가 응력이 감소되는 결과를 얻었다(Figure 1).

Bozkaya 등¹⁰은 시중에서 많은 사용자를 가지고 시판되고 있는 5종의 임플란트(Ankylos, Astra, Bicon, ITI, Nobel Biocare)를 가지고 각각의 형태를 유한요소적으로 분석해서 교합력을 가했을 때 인접된 골에 힘이 전달되는 양상을 관찰하였다. 이들은 수직력, 측방력, 전단력에 대한 과부하를 가했으며 통상적으로 발생할 수 있는 교합(11.3°)의 방향성과 임플란트의 중심축에서 1 mm 떨어진 곳에 가해지는 교합 방향에서 과부하를 가하여 어느 형태의 임플란트가 가장 많은 과부하를 인접 골에 전달하는가를 살펴보았는데 일반적으로 ITI 형태의 임플란트가 가장 많은 응력을 주변골로 전달하는 것으로 나타났다. 또한 이 실험을 통해서 임플란트에 가해지는 여러가지의 힘들은 임플란트 경부의 인접골에 가장 많은 응

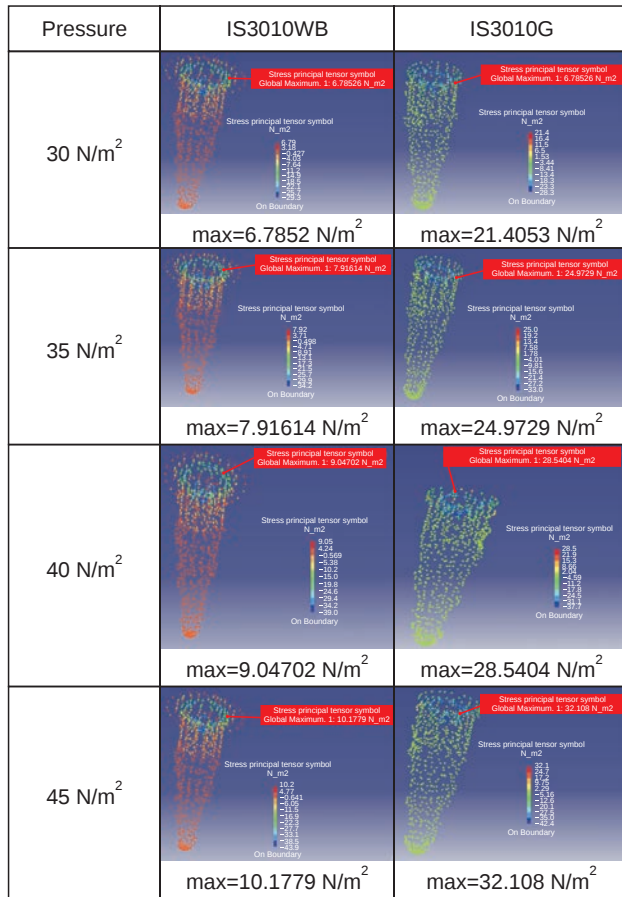


Figure 5. Result of Tensor.

력을 전달하는 것으로 나타났다. Geng 등¹¹에 의하면 치조골과 임플란트 사이의 계면에 힘을 전달하는 기전에 영향을 주는 것으로는 힘의 종류, 임플란트와 보철물의 물성, 임플란트의 형태, 표면의 구조, 등이 있다고 하였다. 이들의 연구에 따르면 충이 저있는 구조가 직선으로 되어있는 원통형 디자인에 비해서 균질적인 힘의 전달력을 가지고 있다는 것을 발견하게 되었다. 특히 이러한 요구를 수용하기 위해서 임플란트의 크기, 형태, 재료, 표면 등이 변화해 되었는데 이들 중 일부는 소비자의 요구를 수용하기 위해서 기초 연구를 앞서서 개발되기도 하였다는 주장을 하기도 한다¹².

Hammad 등¹³은 임플란트 표면을 단면으로 잘라서 이들의 표면을 각각 매끄러운 면, 나선을 가지고 있는 표면 그리고 별 모양으로 형성한 표면을 만들어 분석한 결과 표면에 아무런 변화를 주지 않은 임플란트 형태에서 주변 골에 가해지는 응력이 최소였다고 주장하였다. 그러나 이는 필자의 생각으로는 오히려 주변 골에 마찰력을 극대화함으로 임상에 적용하여 사용하기는 불가능 할 것으로 판단된다.

오늘날 임플란트 경부의 디자인은 여러가지로 중요한 의미를 가지게 되는데 심미적인 면에서나 임플란트의 안정성에 대해서 작용하는 연구가 이루어지고 있다. 특히 Bischof 등은 동일한 재료의 ITI 임플란트를 이용해서 경부 구조만 하나는 4.8 mm로 하고 다른 하나는 6.5 mm로 하여서

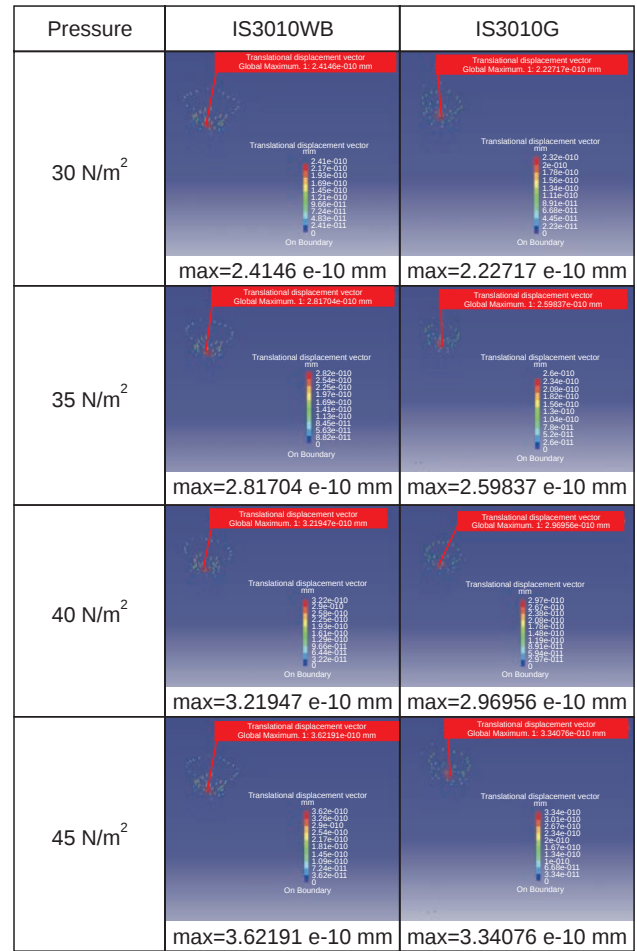


Figure 6. Result of Displacement.

임상적으로 사용한 것을 비교 분석한 결과 임플란트 경부의 골 손실이 넓은 쪽에서 더 적게 일어났음을 보고하기도 하였다.

저자들이 본 실험을 통해서 관찰 한 결과도 임플란트의 치경부를 넓게 형성함으로 응력의 분산 효과를 좋게 하였으며 특히 날개 형태의 경부 디자인은 임플란트 자체의 변형을 최소화하는 의미를 가지고 있어서 임플란트가 골 내에 심겨 있을 때 임플란트 자체의 변형력에 의한 인접골에 가해지는 힘을 최소화할 수 있는 장점을 가지고 있음을 알 수 있었다. 이는 임플란트와 골 계면 간에 가해지는 힘의 국소적 응력이 골 소실과 관련이 있음을 생각 할 때에 매우 중요한 의미를 가지고 있다는 것을 생각할 수 있는 것이다.

또한 날개형태의 경부 디자인으로 인해서 이 하부에 연조직이 자라 들어오는 것을 막아주는 우산 역할을 하게 됨으로 하부에 골 형성이 잘 일어나게 되는 것을 기대하게 되는데 임상적으로 임플란트를 식립하는 과정에서 만나게 되는 불량한 골질이 있다 하더라도 하방에서 골 형성을 도와줌으로 임플란트의 성공률을 높일 수 있을 것으로 기대된다.

CONCLUSION

1. 임플란트 경부의 디자인을 바꾸는 경우 주변의 골에 가해지는 힘의 분산에 영향을 주는 것을 알 수 있다. 이 결과는 임플란트 자체의 변형뿐 아니라 주변의 골에 가해지는 힘의 크기를 변화시키며 주변골의 흡수에 영향을 미칠 것으로 생각된다.
2. 날개형 임플란트는 표준 임플란트에 비해서 힘의 분산 능력이 좋을 뿐 아니라 날개 하방에 연조직의 침투를 막아 줌으로 이곳에 골 조직의 형성을 도와줌으로 임플란트와 치조골 간의 접촉 면적을 증가시키는 효과가 발생하게 될 것으로 생각된다.
3. 그러나 날개의 길이가 심미적인 면에서 불리하다는 점을 감안하여 필요한 효과를 얻을 수 있는 최소의 길이를 찾는 노력이 필요할 것으로 생각된다.

REFERENCES

1. Chung JM, Jo KH, Lee CH, Yu WJ, Lee KB. Finite element analysis of peri-implant bone stress influenced by cervical module configuration of endosseous implant. *J Korean Acad Prosthodont* 2009;47:394-405.
2. Eriksson RA & Albrektsson T. The effect of heat on bone regeneration: an experimental study in the rabbit using the bone growth chamber. *J Oral Maxillofac Surg* 1984;42:705-11.
3. Misch CE, Suzuki JB, Misch-Dietsh FM, Bidez MW. A positive correlation between occlusal trauma and peri-implant bone loss. *Implant Dent* 2005;14:108-16.
4. Broggini N, McManus LM, Hermann JS, Medina RU, Oates TW, Schenk RK et al. Persistent acute inflammation at the implant-attachment interface. *J Dent. Res* 2003;82:232-7.
5. Piattelli A, Vrespa G, Pertone G, Lezzi G, Annibaldi S, Scarano A. Role of the microgap between implant and abutment a retrospective histologic evaluation monkeys. *J Periodontol* 2003;74:346-52.
6. Hermann JS, Schoolfield JD, Schenk RK, Buser D, Cochran DL. Influence of the size of the microgap on crestal bone changes around titanium implants. A histometric evaluation of unloaded non-submerged implants in the canine mandible. *J Periodontol* 2001;72:1372-83.
7. Sanavi F, Weisgold AS, Rose LF. Biologic width and its relation to periodontal biotype. *J Esthet Dent* 1998;10:157-63.
8. Oh TJ, Yoon J, Misch CE, Wang HL. The causes of early implant bone loss: myth or science? *J Periodontol* 2002;73:323-33.
9. Van de Velde T, Collaert B, Sennerby L, Bruyn HD. Effect of Implant Design on preservation of marginal bone in the mandible. *Clin Implant Dent Relat Res* 2010;12:134-41.
10. Bozkaya D, Muftu S, Muftu A. Evaluation of load transfer characteristics of five different implants in compact bone at different load levels by finite elements analysis. *J Prosthet Dent* 2004;92:523-30.
11. Geng JP, Tan KB, Liu GR. Application of finite element analysis in implant dentistry: a review of the literature. *J Prosthet Dent* 2001;85:585-98.
12. Brunski JB. In vivo bone response to biomechanical loading at the bone/dental-implant interface. *Adv Dent Res* 1989;13:99-119.
13. Hammad OA, Khraisat Q, Odeh ND, Maaytah ME. Effect of dental implant cross-sectional design on cortical bone structure using finite element analysis. *Clin Implant Dent Relat Res* 2007;9:217-21.