[UCI]I804:24011-200000231677

나사형 임플란트에 인접한 재생된 골과 자연골 사이의 경계부에 대한 유한요소법적 분석

Finite element analysis of the junction between the regenerated bone adjacent to screw type implant and its surrounding native bone

조선대학교
100284557 2004-10-15

2004년 8월 일

조선대학교 대학원

치 의 학 과

김 성 호

나사형 임플란트에 인접한 재생된 골과 자연골 사이의 경계부에 대한 유한요소법적 분석

지도교수 김 병 옥

이 논문을 치의학 석사학위 논문으로 제출함.

2004년 4월 일

조선대학교 대학원

치 의 학 과

김 성 호

김성호의 석사학위 논문을 인준함.

위원장 조선대학교 교 수 이 상 호

위 원 조선대학교 교 수 정 재 헌 인

위 원 조선대학교 교 수 김 병 욱 인

2004 년 5 월 일

조선대학교 대학원

목 차

영문초록 ····· iv

Ⅰ. 서론 ····· 1

Ⅱ. 연구재료 및 방법 ····· 3

Ⅲ. 연구성적 ····· 7

Ⅳ. 총괄 및 고안 ····· 11

Ⅴ. 결론 ····· 14

참고문헌 ····· 15

표 목 차

Table 1. Element and nodule in this study used ····· 5

Table 2. Material properties in this study used (Unit: MPa) ····· 5

도 목 차

Fig. 1 The two dimensional section of the full body (4 mm threaded implant system) ····· 3

Fig. 2 The three dimensional geometry of full body ····· 3

Fig. 3. Junction between the regenerated bone (red color) adjacent to screw type implant and the native bone. MB: margianl bone ····· 4

Fig. 4 The 3 dimensional geometry of first molar ····· 4

Fig. 5 The 3 dimensional geometry of resin ····· 4

Fig. 6 The dimension of gold screw ····· 4

Fig. 7 Loading condition a: vertical force. b: lateral force. A: Cental fossa. ····· 6

Fig. 8 Maximum value of the Von-Mises stress according to load point A. Type Ⅳ bone extended to 1, 4, and 7 mm below marginal bone and surrounding native bone with type I bone quality under the vertical load (a) and lateral load (b), respectively. ····· 8

Fig. 9 Maximum value of the Von-Mises stress according to load point A. Type Ⅳ bone extended to 1, 4, and 7 mm below marginal bone and surrounding native bone with type III bone quality under the vertical load (a) and lateral load (b), respectively. ····· 10

ABSTRACT

Finite element analysis of the junction between the regenerated bone adjacent to screw type implant and its surrounding native bone

Kim Seong-Ho
Advisor : Prof. Kim Byung-Ock Ph.D.
Department of Dentistry,
Graduate School of Chosun University

Both loading on the implant itself and the transferred load to the bone have created an interest in biomechanical researches of oral implant. The purpose of this study was to investigate the stress gradients at the junction between the regenerated bone adjacent to screw type implant and its surrounding native bone using 3-dimensional finite element stress analysis method.

The 4.1 X 11.5-㎜ implant (3*i, USA)* was used for this study and was assumed to be 100% osseointegrated, and was placed in mandibular bone and restored with a cast gold crown. Using ANSYS software revision 7.0, a program was written to generate a model simulating a cylindrical block section of the mandible 20 mm in height and 10 mm in diameter. The present study used a fine grid model incorporating elements between 250,820 and 352,494 and nodal points between 47,978 and 67,471. Two loading situations were simulated at the central fossa: 200-N vertical loading and 200-N 30° lateral loading, respectively. The following conclusions have been made based on the results of this study:

1. For the quality of native bone adjacent to the regenerated type IV bone, the stresses in type I-native bone were higher compared to stresses in type III-native bone.
2. Maximum stresses were generated at the junction between the regenerated bone and its surrounding native bone according to the increased depth of implant fixture.

3. Stresses generated under vertical loading were higher than that under lateral loading.

In summary, because stress concentrations can be also influenced by quality of the surrounding native bone, this have to be considered with care in making a treatment planning for implant supported prosthesis.

Ⅰ. 서 론

임플란트 치의학에 있어서 임플란트 고정체는 이용가능한 골보다는 임플란트 보철물의 위치를 고려하여 식립되어야 한다는 개념으로 변화되고 있는 현 시점에서, 기능적, 생물학적 그리고 심미적인 면들이 조화롭게 균형이 이루기 위해서는 정상적인 높이와 폭을 가진 치조골이 필요하다.[13)]

그러나 많은 환자들은 유전적인 결함에 의한 골손실, 외상성 치아탈구, 악안면 외상, 근관치료된 치아의 파절, 심한 치주질환, 골 병소의 제거 수술 그리고 임플란트 식립술의 실패 등에 의해 임플란트가 식립될 부위는 연조직 혹은 경조직의 결손을 가지고 있다. 따라서, 임상가들은 임플란트를 식립하기 위하여 연조직 이식술이나 골유도재생술을 이용하여 치조제를 수복하고 있는데, Proussaefs 등[17)]은 자가골과 이종골을 이용하여 골결손부에 골유도재생술을 시행하여 Ⅱ형의 골질에서 Ⅳ형의 골질까지 다양한 골질로 재생된다고 보고하였다. 일반적으로 골질이 나쁜 부위에 임플란트가 식립된 경우 성공률이 감소된다고 보고되었는데, Jaffin과 Berman은[12)] 수술 전에 Ⅳ형 골질을 측정하는 것이 실패를 감소시킬 수 있는 하나의 방법이라고 하였고, Mish 등[15)]은 골질에 따라 표면처리가 다르게 된 임플란트를 식립하여 높은 성공률을 보고한 바 있다.

이 연구에서는 나사형의 임플란트에 인접하여 재생된 골과 그 주위의 자연골과의 계면에 발생된 응력을 분석하기 위하여 3차원적인 유한요소법을 이용하였다. 이 분석 방법은 기계 움직임을 예측하기 위해 사용되어 왔는데, 임플란트 분야에서도 나사형태에 따른 응력 분포, 임플란트 고정체와 보철물 설계에 따른 응력분포, 응력을 분산시키기 위해 사용된 재료들에 대한 응력분포, 임플란트 주위골과 보철물에서의 응력분포 등 다양하게 연구되고 있다[1,2,3,4,8)]. 골질과 응력에 관한 연구에서, Lavernia 등[14)]은 골주에 좌우되어 응력의 차이가 있음을 보고하였고, 김 등[5)]은 피질골의 두께와 탄성적 성질이 임플란트 주위 골에서의 응력분포에 영향을 끼치는 변수라고 보고하였으며, 전 등[7)]은 골질, 임플란트에 가해지는 하중

의 방향 그리고 임플란트 직경에 따라 응력분포가 다르게 나타난다고 보고하였고, 최근 지 등[6]은 원통형 임플란트 고정체 주위의 재생된 골을 둘러싼 자연골의 골질과 하중방향에 따라 응력분포가 달라진다고 보고하였다.

이 연구는 임상의들이 골유도재생술을 시행한 후에 임플란트를 식립할 때 흔히 경험할 수 있는 골질이 좋은 않은 임상적 환경을 고려하였으며, 골유도재생술을 시행한 후 재생된 골과 자연골 사이의 경계부에 대한 연구가 미미하여 시행되었다. 즉, 이 연구는 임플란트 주위의 골질과 임플란트 보철물에 가해지는 하중의 방향 등이 응력분포에 영향을 줄 수 있다는 선학들의 연구를 토대로, 임상의들이 주로 식립하는 나사형의 임플란트 보철물에 가해지는 하중이 임플란트 주위에 Ⅳ형의 골질로 재생된 골과 이를 둘러싸고 있는 자연골과의 경계부에서 나타나는 응력분포를 3차원 유한요소법적으로 평가하는 것이다.

Ⅱ. 연구 재료 및 방법

1. 연구재료

임플란트 주위에 재생된 골과 그 주위를 둘러싸고 있는 자연골과의 계면에서 응력분포 양상을 조사하기 위하여 직경 4 ㎜, 길이 11.5 ㎜의 Osseotite (3i, USA)와 유사한 나사형 임플란트 모형을 제작하였다. 나사형 임플란트 주위 재생된 골은 수평방향으로 임플란트의 최상단 platform 주위 4 ㎜까지, 임플란트 고정체의 측면을 따라 하방으로 1 ㎜ 간격으로 7 ㎜까지 Ⅳ형의 골질로 재생된 것(붉은 색) 으로, 그리고 재생된 골에 인접한 자연골은 각각 Ⅰ형과 Ⅲ형의 골질로 둘러싸여 있다고 가정하고 모델링을 하였다.

임플란트와 골 모형은 임플란트를 중심으로 좌우 10 ㎜, 전체 길이 20 ㎜의 하악골 형태, 치관은 제 1대구치 형태와 유사하게 제작하였으며, 골, 치관, 레진, 그리고 gold screw의 수치는 Fig. 1에서 6까지 제시되어 있다.

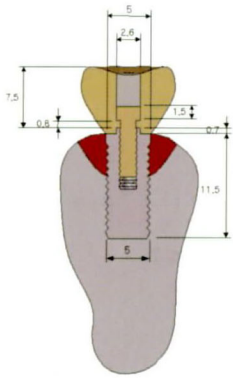


Fig. 1 The two dimensional section of the full body (4 mm threaded implant system)

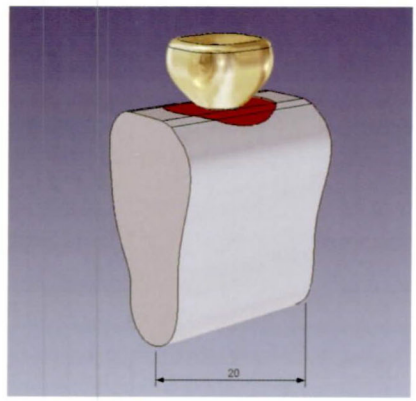
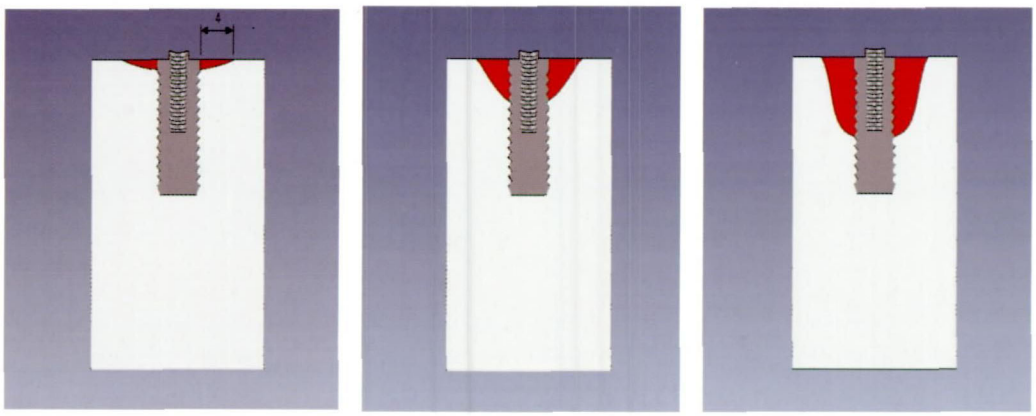


Fig. 2 The three dimensional geometry of full body.



a. 1 mm below MB　　b. 4 mm below MB　　c. 7 mm below MB

Fig. 3. Junction between the regenerated bone (red color) adjacent to screw type implant and the native bone (type I or type III bone: light sky blue color). MB: margianl bone.

Fig. 4 The 3 dimensional geometry of first molar

Fig. 5 The 3 dimensional geometry of resin

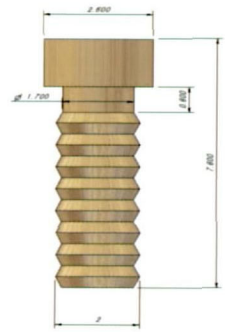


Fig. 6 The dimension of gold screw

2. 연구방법

1) 유한요소 모델의 형성

임플란트와 골의 모형은 3차원 CAD 프로그램인 Iron CAD Ver 6.0, (IronCAD LLC, USA)를 이용하여 모델링하였는데 유한요소는 8절점과 삼각뿔 요소를 사용하였다 (Table 1).

Table 1. Element and nodule used in this study

	node	element
0 mm	50,552	264,186
1 mm	48,453	251,688
2 mm	47,978	250,820
3 mm	67,471	352,494
4 mm	60,691	320,670
5 mm	59,996	316,102
6 mm	52,639	274,312
7 mm	52,745	276,470

2) 재료의 물성치

유한요소분석을 시행하는데 필요한 재료의 물성치인 탄성계수 (Young's modulus: E)와 포와송의 비 (Poisson's ration: y)는 선학들[7,8]의 연구를 참조하였으며, 골질은 나무재질[15]에 따라 스티로폼의 재질은 재생된 골로 Ⅳ의 골질로, 참나무 재질은 Ⅰ형 골질로, 그리고 발사우드의 재질은 Ⅲ형의 골질로 분류하였다 (Table 2).

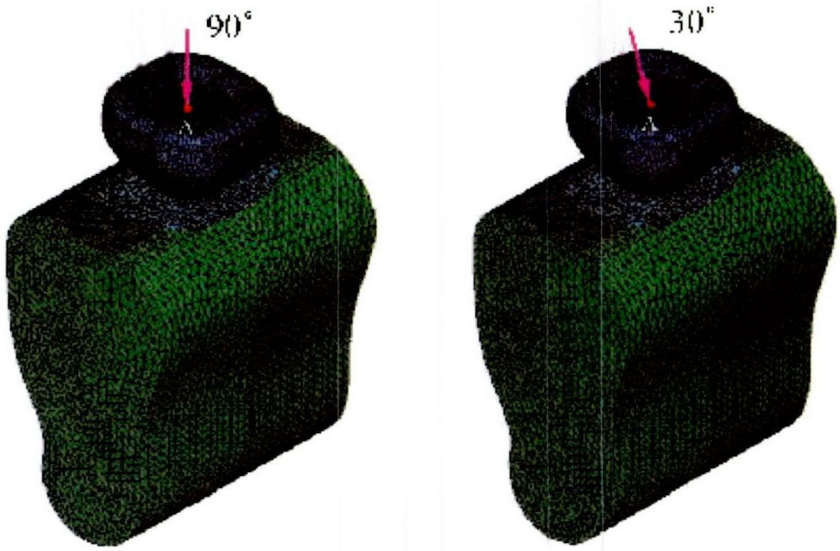
Table 2. Material properties used in this study (Unit: MPa)

Material	Elastic modulus	Poisson's ratio
Oak tree (D1)	12,560	0.3
Needle-leaf tree (D2)	12,400	0.3
Balsa wood (D3)	3,170	0.3
Styroform (D4)	2,550	0.3
Ti_6Al_4V	115,000	0.35
Crown	96,000	0.35
Composite resin	9,700	0.35
Abutment screw	115,000	0.35

D: Density

3) 하중조건

하중은 치관의 중심와 (A점)에서 200N의 수직하중과 200N의 30° 경사하중을 각각 적용였다 (Fig.7).



a: Vertical force　　b: Lateral force

Fig. 7 Loading condition. a: vertic a lforce. b: later a lforce. A: Central fossa

Ⅲ. 연 구 성 적

1. 재생된 Ⅳ형 골이 Ⅰ형의 골질로 둘러싸인 경우

1) 90 ° 의 수직하중이 가해졌을 때

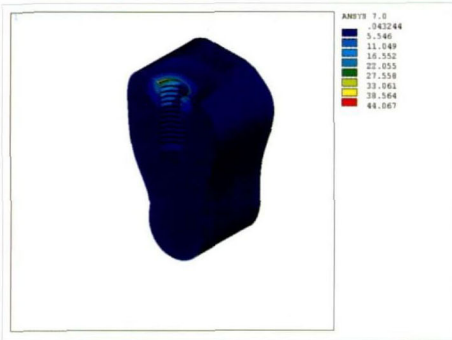
임플란트 고정체의 측면을 따라 Ⅳ 형의 골질이 많아짐에 따라 (1) 재생된 골과 자연골 경계부에서 응력변화가 좀 더 다양하게 나타났으며, (2) 최대응력의 크기 (44.067 - 8.502 MPa)도 7배 이상 감소되었는데, 재생된 골과 자연골 경계부에 해당되는 나사부위에서 응력이 가장 크게 나타났다 (Fig. 8; a).

2) 30 ° 의 경사하중이 가해졌을 때

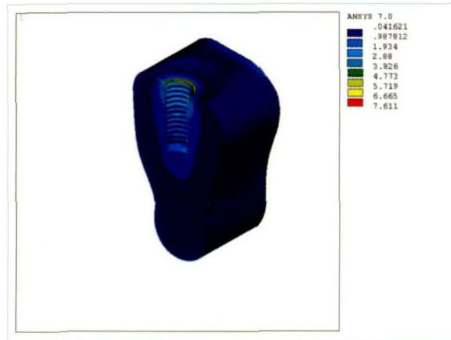
임플란트 고정체의 측면을 따라 Ⅳ 형의 골질이 많아짐에 따라 (1) 재생된 골과 자연골 경계부에서 응력변화가 좀 더 다양하게 나타났으며, (2) 최대 응력의 크기 (7.611 - 3.211 MPa)도 2배 이상 감소되었는데, 재생된 골과 자연골 경계부에 해당되는 나사부위와 임플란트의 하부에서 응력이 크게 나타났다 (Fig. 8; b).

a) Vertical load

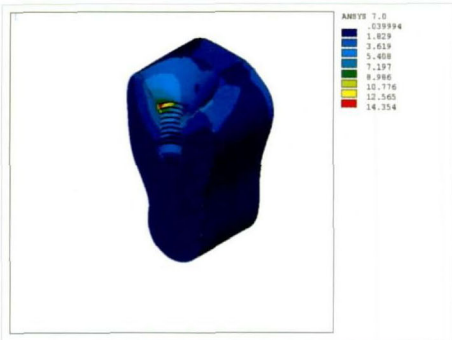
b) Lateral load



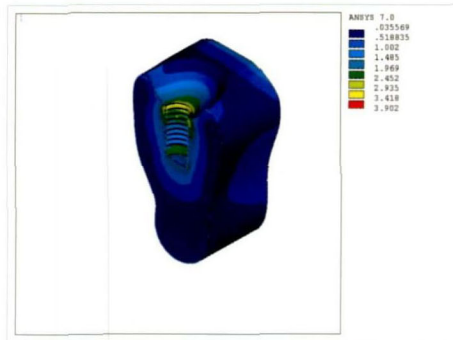
a-1) 1 mm below marginal bone



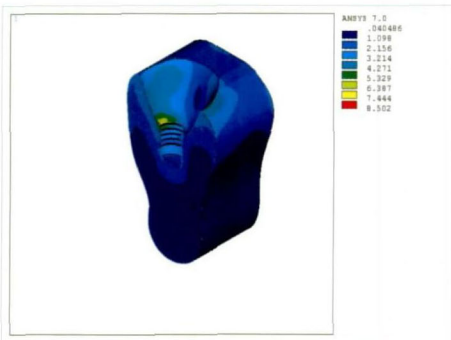
b-1) 1 mm below marginal bone



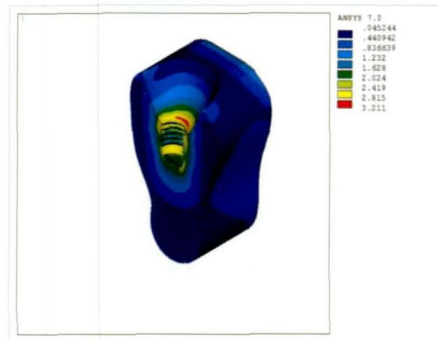
a-2) 4 mm below marginal bone



b-2) 4 mm below marginal bone



a-3) 7 mm below marginal bone



b-3) 7 mm below marginal bone

Fig. 8. Maximum value of the Von-Mises stress according to load point A. Type IV bone extended to 1, 4, and 7 mm below marginal bone and surrounding native bone with type I bone quality under the vertical load (a) and lateral load (b), respectively.

2. 재생된 Ⅳ형 골이 Ⅲ형의 골질로 둘러싸인 경우

1) 90 ° 의 수직하중이 가해졌을 때

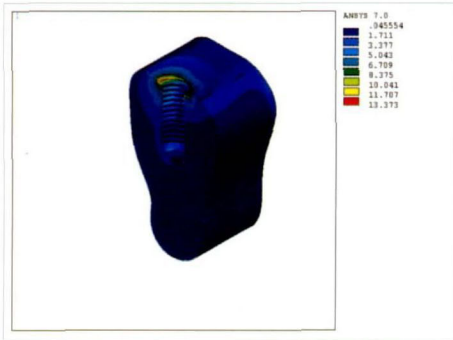
임플란트 고정체의 측면을 따라 Ⅳ 형의 골질이 많아짐에 따라 (1) 재생된 골과 자연골 경계부에서 응력변화가 좀 더 다양하게 나타났으며, (2) 최대 응력의 크기 (11.373 - 3.92 MPa)도 약 4배 정도 감소되었는데, 재생된 골과 자연골 경계부에 해당되는 나사부위와 임플란트의 하부에서 응력이 크게 나타났다 (Fig. 9; a).

2) 30 ° 의 경사하중이 가해졌을 때

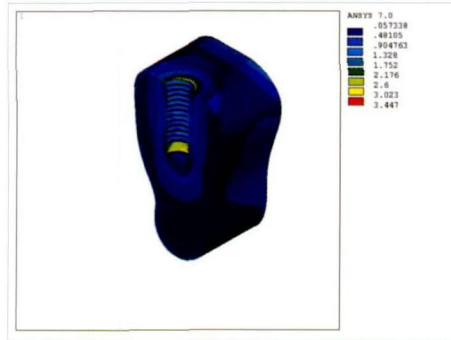
임플란트 고정체의 측면을 따라 Ⅳ 형의 골질이 많아짐에 따라 (1) 재생된 골과 자연골 경계부에서 응력변화가 좀 더 다양하게 나타났으며, (2) 최대 응력은 거의 일정하게 변하였는데 (3.447 -2.993 MPa), 재생된 골과 자연골 경계부에 해당되는 나사부위와 임플란트의 하부에서 응력이 크게 나타났다 (Fig. 9; b).

a) Vertical load

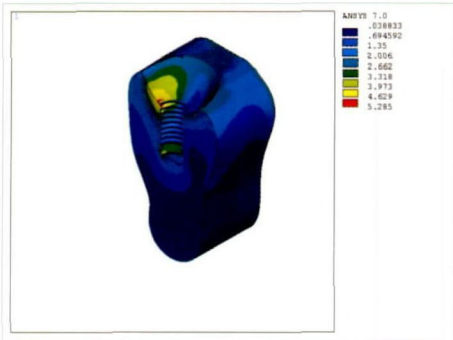
b) Lateral load



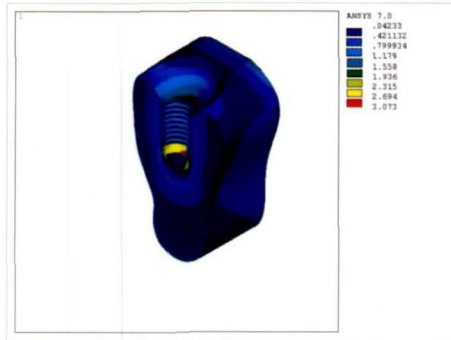
a-1) 1 mm below marginal bone



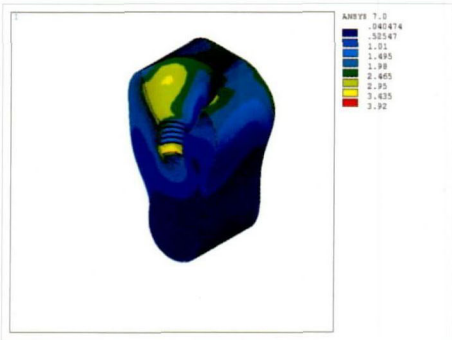
b-1) 1 mm below marginal bone



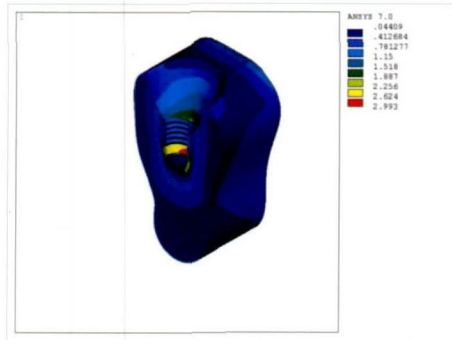
a-2) 4 mm below marginal bone



b-2) 4 mm below marginal bone



a-3) 7 mm below marginal bone



b-3) 7 mm below marginal bone

Fig. 9. Maximum value of the Von-Mises stre s saccordin g to load point A. Type IV bone extended to 1, 4, and 7 mm below marginal bone and surroundi n gnative bone with type III bone quality under the vertic a lload (a) and latera l load (b), respectivel y.

Ⅳ. 총괄 및 고안

치과 임플란트가 성공적으로 장기간 기능을 할 수 있는 것은 임플란트와 골의 융합에 좌우되는데, 하중을 받는 임플란트 고정체 주위에 골흡수가 야기되지 않도록 하는 것이 임플란트의 안정성을 얻기 위해 중요하다.

임플란트 실패의 원인 요소들로는 과하중 또는 저하중과 같은 병적인 하중이나 세균감염에 의해 야기될 수 있는데[11], 이 연구는 응력의 관점에서 재생된 골과 그 주위를 둘러싸고 있는 자연골과의 경계부위를 유한요소법적으로 조사한 것이다. 특히, 이 연구에서는 임플란트 고정체 주위에 재생된 골질이 좋지 않으며 골 접촉률이 좋지 않다는 것을 가정하여 모델링을 하였다. 즉, Wilson 등[21]이 임플란트 주위 수평골 결손부의 크기가 4 ㎜이며 비흡수성의 차폐막과 함께 1단계 수술법으로 식립한 경우에 접촉률은 17%였다고 보고한 것과 Proussaefs 등[17]이 골유도재생술을 시행하여 Ⅱ형의 골질에서 Ⅳ형의 골질 까지 다양한 골질로 재생된다고 보고한 것을 고려하여 유한요소법적인 모델링을 하였는데, 자연골이 Ⅰ형 골질과 Ⅱ형 골질인 경우재료의 물성이 서로 유사하였기 때문에 그 결과가 유사하여 Ⅱ형은 실험에서 제외하였다.

이 연구에서 나사형 임플란트 고정체 주위의 재생된 Ⅳ형 골이 Ⅰ형의 골질로 둘러싸인 경우 수직하중이 가해졌을 때, 임플란트 고정체의 측면을 따라 Ⅳ형의 골질이 많아짐에 따라 (7 mm) 재생된 골과 자연골 경계부에서 응력변화가 좀 더 다양하게 나타났으며 (44.067-3.211 MPa), 최대응력의 크기도 수직하중이 가해진 경우에는 7배 이상 그리고 경사하중이 가해진 경우에는 약 2 배 이상 감소되었고, 재생된 골과 자연골 경계부에 해당되는 나사부위에서 응력이 가장 크게 나타났다. 그리고, 재생된 Ⅳ형의 골이 Ⅲ 형의 골질로 둘러싸인 경우에도 재생된 골이 많아짐에 따라(7 mm) 경계부에서 응력변화가 좀 더 다양하게 나타났으며 (11.373 -2.993 MPa), 최대응력의 크기도 수직하중이 가해진 경우에는 4배 이상 그리고 경사하중이 가해진 경우에는 약간 감소되었고, 재생된 골과 자

연골 경계부에 해당되는 나사부위에서 응력이 가장 크게 나타났다. 이러한 양상들은 임플란트 보철물에 수직 또는 경사하중이 가해졌을 때 치조골정이나 임플란트의 하부에 집중되는 현상은 Duyck 등[11], 그리고 Siegele과 Soltesz 등[19]의 연구와 유사하였다.

그러나, 이 연구에서 하중의 방향에 따른 응력크기는 Clift 등[10]이나 Siegele과 Soltesz 등[19]이 보고한 기존의 연구결과와 상이하였다. 즉 경사하중이 가해졌을 때 보다 수직하중이 가해졌을 때 하중이 보다 더 크게 관찰되었는데 이러한 양상은 기존의 연구방법들과의 차이 때문에 발생될 수 있다. 이 연구에서처럼 수직하중이나 경사하중이 가해진 경우 재생된 Ⅳ 형의 골이 Ⅰ형에 의해 둘러싸였을 때 보다는 Ⅲ형의 골질에 의해 둘러싸인 경우에 응력이 적었던 것은 재생된 Ⅳ형 골이나 이에 인접한 Ⅲ형의 골에 의해 응력이 흡수되었던 것으로 사료된다.

Buser 등[9]이 골유도재생술을 시행하고 나사형 임플란트을 식립한 후 5년간의 안정성에 대한 임상적 연구에서 재생된 골에서도 임플란트가 성공적으로 기능을 할 수 있다는 것을 보고하였지만, 이 연구에서 증명되었듯이 재생된 골과 자연골 사이의 계면에도 응력이 집중되는 것을 감안해 보았을 때 골유도재생술을 시도한 후에 임플란트를 식립한 경우에 있어서는 응력분산에 보다 더 관심을 보여야 할 것으로 사료된다. 또한, 이 연구에서는 길이 11.5 ㎜인 임플란트를 연구대상으로 하였는데, 치조정에서 7 ㎜까지 Ⅳ형의 골질이 많아짐에 따라 응력집중이 보다 하방에서 발생됨을 알 수 있었다. 골밀도가 낮을 경우에는 보다 긴 임플란트를 선택할 것을 추천한 Tada 등[20]의 3차원적인 유한요소법적 연구결과와 함께 생각해 볼 때, 실제 임상에서 골밀도가 낮을 경우에는 긴 임플란트 고정체를 선택할 수 있는 치료계획을 설정하도록 제안한다.

임플란트 고정체 주위 골의 초기 흡수에 대해서는 아직까지 명확한 기전에 대해서는 밝혀져 있지 않으나, Oh 등[16]은 외과적 손상, 과하중, 임플란트 주위염, 생물학적 폭경의 재형성, 임플란트와 보철물 사이의 미세간격, 그리고 임플란트의 crest module 등에 의해 치조골정이 흡수될 수 있음을 제시하였고, Reiger 등[18]은 나사산의 형태가 다른 11개의 임플란트를 유한요소법으로 분석하여 큰 응

력처럼 작은 응력도 골 흡수를 야기할 수 있다고 보고하였는데, 특히 Clift 등[10]은 임플란트 경부 주위에는 9 내지 18 MPa 사이의 응력에 저항할 수 있는 골질이 존재하는 것이 매우 중요하다고 보고하였다.

이 연구결과, 임플란트 보철물에 가해지는 하중의 방향과, 임플란트 주위 골질 이외에 재생된 골을 둘러싸고 있는 자연골의 골질도 응력분포에 영향을 끼칠 수 있다고 관찰된 바, 임상의는 임플란트 보철물을 제작할 때 임플란트 주위의 골질과 관련되어 교합에 대한 세심한 고려가 필요하리라 사료된다.

V. 결 론

임플란트 보철물에 가해지는 하중이 나사형의 임플란트 고정체 (직경 4 mm X 길이 11.5 mm, Osseotite, 3i, USA) 주위에 Ⅳ형의 골질로 재생된 골과 이를 둘러싸고 있는 여러 형태의 자연골질과의 경계부에서 나타나는 응력분포를 3차원 유한요소법적으로 평가한 결과 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 임플란트 고정체 주위에 재생된 골에 인접한 자연골의 골질이 Ⅲ형일 때 보다 Ⅰ형일 때 응력이 더 컸다.
2. 임플란트 보철물에 하중이 가해졌을 때 재생된 골과 인접한 자연골과의 경계부위에 응력이 집중되었다.
3. 임플란트 보철물에 하중이 가해졌을 때 경사하중이 가해졌을 때 보다 수직하중이 가해진 경우에 응력이 더 컸다.

따라서, 재생된 골질과 이를 둘러싸고 있는 자연골과의 골질이 다를 경우 하중의 방향에 따라 그 경계부에 응력변화가 다양하게 나타난 바, 임상의는 임플란트 보철물을 제작할 때 임플란트 주위의 골질과 관련되어 교합에 대한 세심한 고려가 필요하리라 사료된다.

참 고 문 헌

1. 고헌주 · 정재헌. "골유착성 임프란트 보철수복시 자연 지대치와의 고정유무에 따른 유한요소법적 응력분석." 『대한치과보철학회지』 *29*:147-160, 1991.
2. 권병곤. " 치과임프란트 주위의 골이식후 이식재에 따른 유한요소법적 분석." 치의학박사논문, 조선대학교, 2003.
3. 김영일. "골유착성 임플랜트 보철치료시 자연지대치와의 연결방법에 따른 광탄성 응력 분석 연구." 치의학박사논문, 조선대학교, 1992.
4. 김우택 · 차용두 · 오세종 · 박상수 · 김현우 · 박양호 · 박준우 · 이건주. "수직력하에서 임프란트 나사형태에 따른 응력의 3차원 유한요소법적 분석." 『대한구강악안면외과학회지』 *27(2)*:111-117, 2001.
5. 김희주 · 이재훈 · 계기성 · 조규종. "골변화에 따른 치근형 임플랜트의 유한요소법적 응력분석." 『구강생물학연구』 *20(1)*:87-105, 1996.
6. 지숙 · 이상화 · 김수관 · 김병옥.. "재생된 골과 자연골 사이의 계면에 대한 유한요소법 분석." 『대한구강악안면외과학회지』 *26(1)*: 24-33, 2004.
7. 전창길. "Fin type 임플랜트 고정체의 유한요소법적 응력분석." 치의학박사논문, 조선대학교, 2002.
8. 홍국선, "IV형의 골질로 재생된 골내에 식립된 원통형 임플란트의 유한요소법적 연구." 치의학석사논문, 조선대학교, 2003.
9. Buser, D. Ingimarsson, S. Dula, K. et al.. "Long-term Stability of Osseointegrated Implants in Augmented Bone: A 5-Years Prospective Study in Partially Edentulous Patients." *Int J Periodontics Restorative Dent 22*:108-117. 2002
10. Clift, S. E. Fisher, J. Watson, C. J.. "Finite element stress and strain analysis of the bone surrounding a dental implant: effect of variations in bone modulus." *Proc Instn Mech Engrs 206*: 233-241, 1992.

11. Duyck, J. Naert, I.E. Van Oosterwyck, H. Van der Sloten, J. et al.. "Biomechanics of oral implants: a review of the literature." *Technology and Health Care* ***5***: 253:273, 1997.
12. Jaffin, R. A. Berman, C. L.. "The excessive loss of Branemark fixtures in type IV bone: a 5-year analysis." *J Periodontol* ***62***: 2-4, 1991.
13. Keith JD, Localized Ridge Augmentation with a Block Allograft Followed by Secondary Implant Placement: A Case Report *Int J Periodontics Restorative Dent* ***24***:11-17, 2004.
14. Lavernia, C. J. Cook, S. D. Weinstein, A. M. Lawitter, J. K.. "An analysis of stresses in a dental implant system." *J Biome,* ***14***:555, 1981.
15. Misch, C. E.. 『CONTEMPORARY IMPLANT DENTISTRY』 2nd ed. St Louis, London, Philadelphia, Sydney, Toronto, Mosby, 1999, pp14, pp306.
16. Oh, T. J. Yoon, J. K. Misch, C. E. et al.. "The causes of Early Implant Bone Loss: Myth or Science?." *J Periodontol* ***73***: 322-333, 2002.
17. Proussaefs, P. Lozada, J. Kleinman, A. et al.. "The Use of Titanium-Mesh in Conjunction with Autogenous Bone Graft and Inorganic Bovine Bone Mineral (Bio-Oss) for Localized Alveolar Ridge Augmentation: A Human Study." *Int J Periodontics Restorative Dent* ***23***:185-195, 2003.
18. Reiger, M.R. Adams, W.K. Kinzel, G.L.. "A finite element survey of eleven endosseous implants." *J PROSTHET DENT* ***63***: 457-465, 1990.
19. Siegele, D. Soltesz, U.. "Mumerical investigations of the influence

of implant shape on stress distribution in the jaw bone. *Int. J. Oral Maxillofac Implants*, *4*:333-340, 1989

20. Tada, S. Stegaroiu, R. Kitamura, E. Miyakawa, S. et al.. "Influence of Implant Design and Bone Quality on Stress/Strain Distribution in Bone Around Implants: A 3-dimensional Finite Element Analysis." *INT J ORAL MAXILLOFAC IMPLANTS*, *18*:357-368, 2003.
21. Wilson, Jr, T. G. Schenk R. Buser, D. er al... "Implants Placed in Immediate Extraction Sites: A Report of Histologic and Histometric Analyses of Human Biopsies." *Int J Oral Maxillofac Implants* *13*:333-341, 1998.