

IV형의 골질로 재생된 골내에 식립된 원통형 임플란트의 유한요소법적 연구

김병옥* · 홍국선* · 김수관**

조선대학교 치과대학 치주과학교실*, 구강악안면외과**, 조선대학교 치과대학 구강생물학연구소*,**

Abstract (J. Kor. Oral Maxillofac. Surg. 2004;30:331-338)

FINITE ELEMENT ANALYSIS OF CYLINDER TYPE IMPLANT PLACED INTO REGENERATED BONE WITH TYPE IV BONE QUALITY

Byung-Ock Kim*, Kug-Sun Hong*, Su-Gwan Kim**

Dept. of Periodontics, Dept. of Oral & Maxillofacial Surgery**,
College of Dentistry, Oral Biology Research Institute, Chosun University*,***

Stress transfer to the surrounding tissues is one of the factors involved in the design of dental implants. Unfortunately, insufficient data are available for stress transfer within the regenerated bone surrounding dental implants.

The purpose of this study was to investigate the concentration of stresses within the regenerated bone surrounding the implant using three-dimensional finite element stress analysis method. Stress magnitude and contours within the regenerated bone were calculated.

The 3.75 × 10-mm implant (3i, 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 6.0, 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 165,148 and 253,604 and nodal points between 31,616 and 48,877. This study was simulated loads of 200N at the central fossa (A), at the outside point of the central fossa with resin filling into screw hole (B), and at the buccal cusp (C), in a vertical and 30° lateral loading, respectively. The results were as follows;

1. In case the regenerated bone (bone quality type IV) was surrounded by bone quality type I and II, stresses were increased from loading point A to C in vertical loading. And stresses according to the depth of regenerated bone were distributed along the implant evenly in loading point A, concentrated on the top of the cylindrical collar loading point B and C in vertical loading. And, In case the regenerated bone (bone quality type IV) was surrounded by bone quality type III, stresses were increase from loading point A to C in vertical loading. And stresses according to the depth of regenerated bone were distributed along the implant evenly in loading point A, B and C in vertical loading.
2. In case the regenerated bone (bone quality type IV) was surrounded by bone quality type I and II, stresses were decreased from loading point A to C in lateral loading. Stresses according to the depth of regenerated bone were concentrated on the top of the cylindrical collar in loading point A and B, distributed along the implant evenly in loading point C in lateral loading. And, In case the regenerated bone (bone quality type IV) was surrounded by bone quality type III, stresses were decreased from loading point A to C in lateral loading. And stresses according to the depth of regenerated bone were distributed along the implant evenly in loading point A, B and C in lateral loading.

In summary, these data indicate that both bone quality surrounding the regenerated bone adjacent to implant fixture and load direction applied on the prosthesis could influence concentration of stress within the regenerated bone surrounding the cylindrical type implant fixture.

I. 서 론

무치악 부위에 임플란트를 식립하는 치료는 임플란트에 관련된 연조직과 경조직에 관한 지난 수십년간의 연구를 통하여 상실된 치아를 수복하기 위한 예측가능한 치료법이 되었으며, 또한 치료계획을 설정하는데 있어서 "보존 가능한 치아도 발치하고 임플란트를 고려" 할 정도로 무치악 부위에 임플란트를 식립

김 수 관
501-825, 광주광역시 동구 서석동 421
조선대학교 치과대학 구강악안면외과학교실
Su-Gwan Kim
Dept. of OMFS, College of Dentistry, Oral Biology Research Institute, Chosun Univ.
421, Seosuk-Dong, Dong-Gu, Gwangju, 501-825, Korea
Tel : 82-62-220-3815 Fax : 82-62-228-7316
E-mail : SGCKIM@mail.chosun.ac.kr

*본 연구는 2003-2004년도 조선대학교 부속치과병원 학술연구활동 지원금으로 연구되었음.

하는 것은 치과치료의 중요한 분야로 자리를 잡고 있다. 이 치료가 기능적 및 심미적으로 성공하기 위해서는 환자 선택, 수술 및 수복 치료계획, 그리고 유지관리계획 등 포괄적인 치료계획이 설정되어야 하는데, 실질적으로는 임플란트를 식립할 부위에 이용가능한 골의 양과 질이 적절하게 존재하는 것과 그리고 임플란트 주위에서 발생하는 생역학적인 하중을 분산시키는 것이 성공을 위한 필수조건에 속한다.

임플란트를 식립하는 외과적인 측면에서 보았을 때, 임플란트가 식립될 부위에 충분한 골양이 존재하지 않을 경우에 골유도 재생술 개념을 이용하여 자가골²⁾이나 동종골³⁾, 또는 이종골⁴⁾, 그리고 이러한 이식재를 혼합하여 사용하는 방법⁵⁾ 등이 보고되고 있으며, 이식재의 탈락을 방지하기 위하여 차폐막을 사용하는 방법^{6,7)}, 고정나사를 사용하는 방법⁸⁾, 그리고 titanium mesh를 사용하는 방법⁹⁾ 등이 보고되고 있다. 이렇게 임플란트 주위의 골결손 부에 골유도재생술을 시행하여 골을 재생시킬 경우 그 부위는 일반적으로 II형에서 IV형까지의 다양한 골질로 재생된다¹⁰⁾고 알려져 있는데, 골질에 따른 임플란트 성공률에 관한 연구를 살펴보면, Jaffin과 Berman은¹⁰⁾ I형, II형, 그리고 III형 골질에 Branemark 임플란트를 식립하여 97%가 성공했으나, IV형 골질에 식립된 경우 65%의 성공율을 보고하면서 수술 전에 IV형 골질을 측정하는 것이 임플란트 실패를 감소시키기 위한 하나의 방법이라고 하였다. 한편, Beck¹¹⁾는 골질에 따라 표면처리를 다르게 한 임플란트를 식립한 임상증례를 보고하였는데, 특히 Mish 등¹²⁾은 골질에 따라 표면처리가 다른 임플란트를 식립하여 D1인 경우 100%, D2인 경우 98.4%, D3인 경우 99%, 그리고 D4인 경우 100%의 성공률을 보고한 바 있는데, 현재는 골질이 나쁜 경우에 임플란트의 성공률을 보다 더 높이기 위하여 osteotome을 이용¹³⁾하거나 혈소판 풍부 혈장 (Platelet-rich plasma)을 이용한 방법^{14,15)} 등에 관한 연구가 진행되고 있다.

이 연구에서는 원통형 임플란트를 모델로 하여 연구를 하였는데, 일반적으로 수술부위에 접근하기 어려운 부위나 골질이 불량한 부위에 사용되는데, 나사를 형성할 필요가 없기 때문에 수술이 빠르고 쉽다. 원통형 임플란트는 나사형 임플란트 보다 표면적이 작기 때문에 이런 임플란트를 식립하도록 치료계획을 설정할 경우에는 다른 요인들이 같다면 임플란트의 폭이나 길이를 증가시키거나, 또는 원통형은 임플란트의 기능적인 표면부위가 나사형에 비해 최대 30%까지 작기 때문에 골내에서 유지를 위하여 생물학적으로 활성이 있는 물질로 표면처리를 하여 작은 표면적을 보상해야 한다^{12,16)}.

이 연구에서는 재생된 골주위에 발생한 응력을 분석하기 위하여 유한요소법을 이용하였는데, 이 방법은 항공구조의 설계를 분석하기 위해서 1956년 이래로 우주항공산업에서 이용되어 왔다. 3차원적 유한요소법 분석 방법은 기계 움직임을 예측하기 위해 사용되고 있으며, 특히 임플란트 영역에서는 임플란트 고정체에 가해진 하중에 따른 응력분포에 관한 연구^{17,20)}, 골질과 나사 형태에 따른 응력분포에 관한 연구^{21,22)}, 임플란트 보철물 설계에 따른 응력분포^{23,25)}, 하악골체나 우각부의 골절시 응력분포에 관한 연구^{26,28)}, 그리고 임플란트의 경부에 가해지는 응력을 분산시

키기 위해 사용된 재료들에 대한 응력분포에 관한 연구²⁹⁾ 등에서 이용되고 있다.

임플란트를 식립시 골질에 따라 그 응력분포가 다르다고 보고 되었으며 재생된 골에 식립된 임플란트주위에서의 응력분포에 관한 연구가 미미한 바, 이 연구에서는 원통형의 임플란트가 IV형 골질로 재생된 골내에 식립된 경우에서 응력분포를 유한요소법적으로 평가하는 것이다.

II. 연구재료 및 방법

1. 연구재료

1) 실험모형

이 연구에서는 원통형 임플란트 고정체 주위에 IV형의 골질로 재생된 골내에서의 응력분포 양상을 평가하기 위하여 직경 4 mm, 길이 10 mm의 Osseotite (3i, USA)와 유사한 임플란트 모형을 이용하였다. 임플란트와 골의 모형은 3차원 CAD 프로그램인 Iron CAD Ver 6.0, (IronCAD LLC, USA)를 이용하여 모델링하였는데, 모델링 시 임플란트를 중심으로 좌우 10 mm, 그리고 전체 길이 20 mm의 하악골 형태를, 그리고 치관은 제1대구치 형태와 유사하게 제작하였는데, 임플란트와 골, 치관, 레진 그리고 gold screw의 세부적인 수치는 Fig. 2에서 6까지 제시되어 있다 (Fig. 2~6).

2) 골의 형상

임플란트 주위 골은 수평방향으로 임플란트의 최상단 platform 주위 4 mm까지, 그리고 임플란트 장축을 따라 근단쪽으로 임플란트의 측면을 따라 1 mm 간격으로 7 mm까지 IV형의 골질로 재생된 것으로 가정하였고, 재생된 골은 각각 I형, II형, III형의 골질로 둘러싸여 있다고 가정하고 모델링하였다.

2. 연구방법

1) 유한요소 모델의 형성

Iron Cad에서 모델링한 3D Geometry를 ANSYS Program Ver7.0 (Ansys, Inc, USA)로 받아들여 격자를 생성하였다. 격자 형성시 각각의 모델에 대하여 요소(element)와 절점(node)의 수가 크게 벗어나지 않게 하여 일렬성을 갖게 하였다. 또한 유한요소(element)는 8절점의 삼각뿔 요소 (tetra heron element)를 사용하였다 (Table 1) (Fig. 7).

2) 물성치

유한요소법을 이용한 응력분석법은 모델의 단순화와 응력의 수치적 계산을 위해 모형의 물리적 특성은 재료의 기계적 특성이 균일하다는 균질성 (homogeneity), 재료의 특성은 3방향으로 동일하다는 등방성 (isotropy), 구조의 변형이나 변위는 적용된 힘에 비례하고 변위 정도에는 무관하다는 선형 탄성 (linear elasticity)을 갖는 것으로 가정하였다.

설계된 모형에 대한 유한요소분석을 수행하는데 필요한 재료

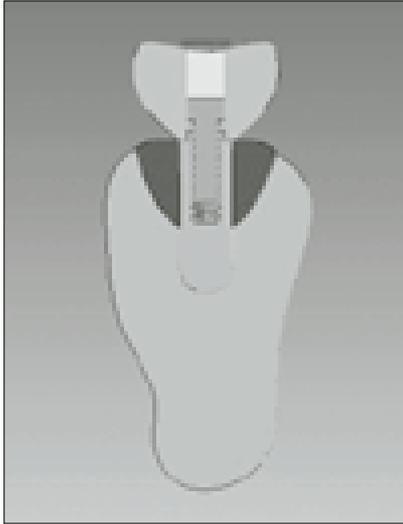


Fig. 1. The two dimensional section of the full body



Fig. 2. The three dimensional geometry of full body



Fig. 3. The three dimensional geometry first molar



Fig. 4. The three dimensional geometry of of resin

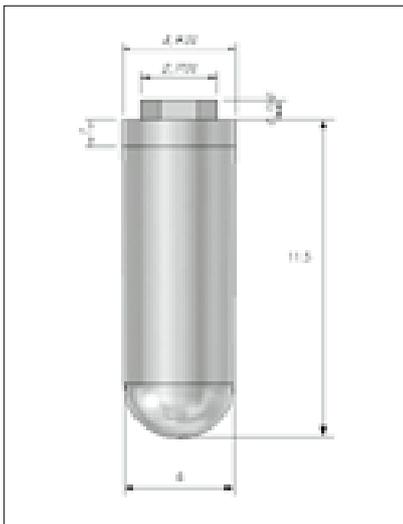


Fig. 5. The dimension of implant screw

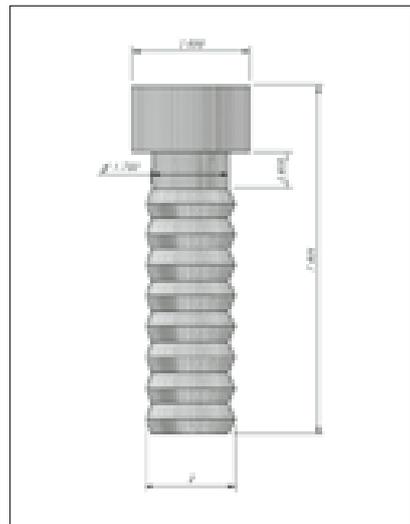


Fig. 6. The dimension of gold screw

의 물성치인 탄성계수(Young's modulus: E)와 포와송의 비(Poisson's ratio: ν)는 선학의 자료를 참고하여 이용하였는데, 골질은 나무 재질에 따른 4가지 분류법⁹ 즉, 골질 D1은 참나무 또는 단풍나무 재질, 골질 D2는 침엽수, 골질 D3은 열대성 방사목 그리고, 골질 D4는 스티로폼 또는 부드러운 열대성 방사목과 같은 재질로 가정하여 4가지 형태로 구분하였고, 각각의 물성 및 탄성을 컴퓨터에 입력하여 응력분포를 평가하였다 (Table 2).

3) 하중조건

이 연구에서는 치관 중심와에 해당하는 하중조건 A, 치관 중심와에 있는 나사산 입구를 채운 콤포지트 레진부위에 하중이 가해지는 것을 피하기 위하여 레진을 벗어난 바로 바깥 부위의 금교합면에 해당하는 하중조건 B, 그리고 협측교두에 해당하는 하중조건 C에 200N의 수직하중과 200N의 30° 경사하중을 각각 작용하도록 하였다 (Fig. 8).



Fig. 7. Three-dimensional finite element model

Table 1. Number of node and element

	node	element
0 mm	31616	165148
1mm below	43723	224816
2mm below	41810	217808
3mm below	47021	244446
4mm below	46723	243952
5mm below	39760	208018
6mm below	48877	253604
7mm below	48088	252102

Table 2. Material Property

(Unit : MPa)

Materials	Possion's Ratio	Young's Modulus
Type 1 (Oak Tree)	12,560	0.3
Type 2 (Needle-leaf Tree)	12,400	0.3
Type 3 (Balsa Wood)	3,170	0.3
Type 4 (Styroform)	2,550	0.3
Ti6Al4V (Implant)	115,000	0.35
Crown	96,600	0.35
Composite Resin	9,700	0.35
Abutment Screw	115,000	0.35

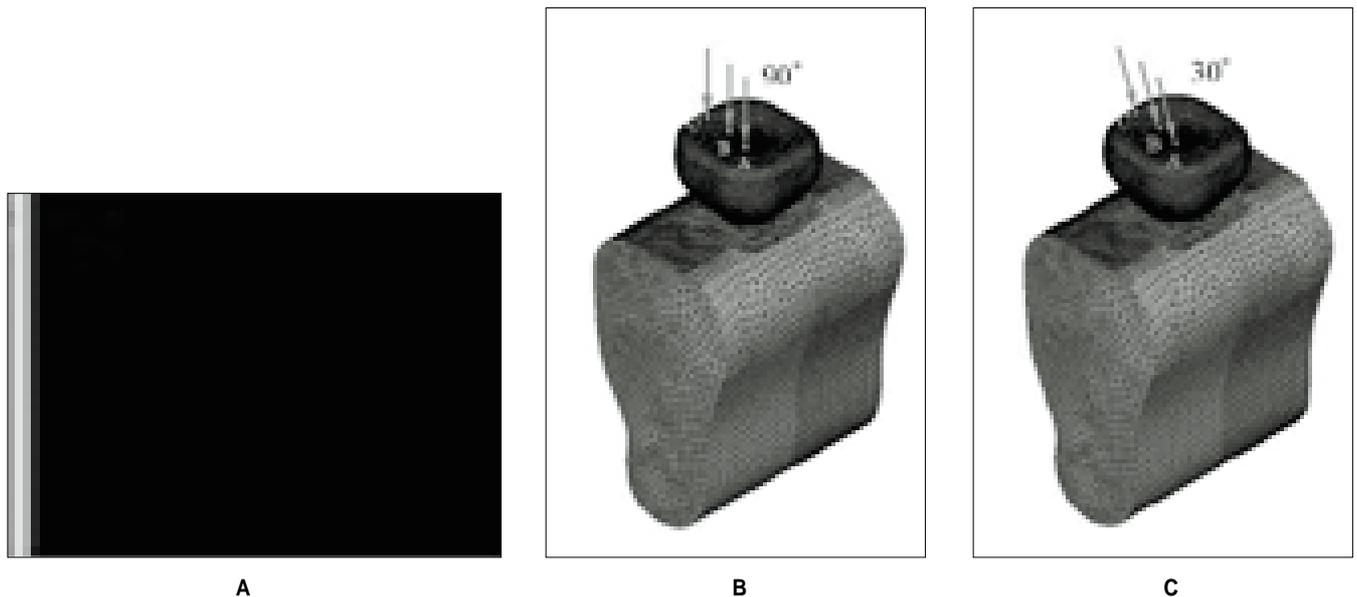


Fig. 8. Loading condition. a: 3 loading points of loading condition A, B, C; b. Axial force applied each loading condition A, B, C; c. Lateral force applied each loading condition A, B, C.

III. 연구 결과

본 연구에서는 원통형 임플란트 고정체 주위에 IV형의 골질로 재생된 골내에서의 응력분포 양상을 평가하기 위하여 직경 4 mm, 길이 10 mm의 Osseotite (3i, USA)와 유사한 임플란트 모형을 이용하였다. 하중조건으로 A점은 치관 중심와에 해당하는 부위, B점은 치관 중심와에 있는 나사산 입구를 채운 콤포지트 레진부위에 하중이 가해지는 것을 피하기 위하여 레진을 벗어난 바로 바깥 부위의 금조합면에 해당하는 부위, 그리고 C점은 협측교두에 해당하는 부위로 200N의 수직하중과 200N의 30° 경사하중을 각각 작용하도록 하였다.

1) 수직하중을 가한 경우의 응력분포 (Table 3, Fig. 9 - 10)

재생된 골 (IV형 골)이 I형과 II형의 골질로 둘러싸인 경우, 하중점에 따른 응력은 하중 A점 (치관 중심와)에서 C점 (교두부위)으로 향할수록 응력은 커졌으며, 재생된 골의 깊이에 따른 응력은 하중 A점에서는 임플란트의 길이를 따라 골고루 분포하였으나

하중 B점과 C점에서는 주로 임플란트의 고정체와 수복물의 경계부에 집중되는 것으로 관찰되었는데, 재생된 골 주위의 골질이 I형과 II형인 경우에는 응력분포가 유사하게 나타났다. 반면, 재생된 골이 III형의 골질로 둘러싸인 경우, 하중점에 따른 응력은 하중 A점 (치관 중심와)에서 C점 (교두부위)으로 향할수록 응력은 커졌으며, 재생된 골의 깊이에 따른 응력은 하중 A점, B점, 그리고 C점 모두에서 임플란트의 길이를 따라 골고루 분포되는 것으로 관찰되었다.

2) 30° 하중을 가한 경우의 응력분포 (Table 4, Fig. 10 - 11)

재생된 골 (IV형 골)이 I형과 II형의 골질로 둘러싸인 경우, 하중점에 따른 응력은 하중 A점 (치관 중심와)에서 C점 (교두부위)으로 향할수록 응력은 감소되었으며, 재생된 골의 깊이에 따른 응력은 하중 A점과 B점에서는 주로 임플란트의 고정체와 수복물의 경계부에 집중되었으나 하중 C점에서는 임플란트 길이를 따라 골고루 분포되는 것으로 관찰되었는데, 골 주위의 골질이 I형과 II형인 경우에는 응력분포가 유사하게 나타났다. 반면, 재생된

Table 3. Maximum value of the Von-Mises stress according to load points and surrounding bone quality under the vertical load. (unit: MPa)

Regenerated type IV bone	Surrounding bone quality								
	type I			type II			type III		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C
1 mm below MB	5.178	13.134	31.023	5.141	13.019	30.74	3.352	7.112	15.96
2 mm below MB	5.39	12.455	28.233	5.346	12.325	27.923	3.632	8.058	18.285
3 mm below MB	5.299	9.282	19.526	5.257	9.188	19.317	3.831	7.695	17.372
4 mm below MB	5.445	8.902	20.177	5.399	8.806	20.188	3.913	9.434	21.33
5 mm below MB	5.041	7.489	15.293	5.001	7.415	15.299	3.679	7.13	16.027
6 mm below MB	5.641	7.421	18.017	5.595	7.427	18.023	4.137	8.323	18.725
7 mm below MB	4.953	7.224	17.503	4.911	7.23	17.508	4.023	8.1	18.172

MB: Marginal bone, A: at the central fossa, B: at the outside point of the central fossa with resin filling into screw hole, C: at the buccal cusp.

Table 4. Maximum value of the Von-Mises stress according to load points and surrounding bone quality under the lateral load. (unit: MPa)

Regenerated type IV bone	Surrounding bone quality								
	type I			type II			type III		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C
1 mm below MB	30.509	23.509	9.532	30.237	23.305	9.466	16.095	12.661	5.893
2 mm below MB	30.301	24.051	11.523	29.975	23.797	11.415	19.48	15.324	6.912
3 mm below MB	22.642	18.426	10.147	22.396	18.229	10.049	16.721	13.266	6.573
4 mm below MB	19.256	16.078	9.876	19.038	15.899	9.773	18.413	14.526	6.937
5 mm below MB	15.936	13.578	9.288	15.942	13.432	9.191	16.635	13.1	6.408
6 mm below MB	17.869	13.938	8.937	17.873	13.943	8.844	18.504	14.638	6.986
7 mm below MB	19.589	15.251	8.22	19.593	15.255	8.14	20.047	15.792	7.198

MB: marginal bone, A: at the central fossa, B: at the outside point of the central fossa with resin filling into screw hole, C: at the buccal cusp.

골이 III형의 골질로 둘러싸인 경우, 하중점에 따른 응력은 하중 A점 (치관 중심위)에서 C점 (교두부위)으로 향할수록 감소되었으며, 재생된 골의 깊이에 따른 응력은 하중 A점, B점, 그리고 C점 모두에서 임플란트의 깊이를 따라 골고루 분포되는 것으로 관찰되었다.

IV. 총괄 및 고안

치과용 임플란트가 장기간동안 성공적으로 사용되기 위해서는 임플란트를 둘러싸고 있는 골질이 좋아야 하며 골과 생체재료 사이에 견고한 계면이 존재해야 하는데, 특히 양질의 골이 존재하기 위해서는 미세과질을 피하고 골밀도를 유지하는데 필요한 적절한 수준의 골개조가 필요하다³⁰⁾. 그러나 치주질환으로 인하여 골결손부가 큰 경우에 있어서는 골유도재생술을 통하여 골을 재생시키고 있으나 재생된 골질은 다양하게 보고되고 있다. 따라서 이 연구는 재생된 골이 상대적으로 약은 골질을 선택하여 유한요소법적으로 응력분포를 조사한 것이다.

유한요소법은 공학적인 문제를 해결하기 위하여 이용된 이론 기법으로 정형외과나, 심장혈관 그리고 치아구조를 분석하기 위해서도 이용되고 있는데, 절점과 요소가 중요한 요소라고 보고되었다³⁰⁾. 그러나, 유한요소법을 이용한 연구의 문제점은 골과 임플란트 사이의 골융합이 100%되었다는 가정하에서 분석된다는 점인데, 실제 임상에서 사용되고 있는 임플란트들은 골질이 나쁜 경우에 있어서 골과 임플란트의 접촉률을 높이기 위하여 표면을 다양하게 처리하고 있다. 동물실험을 통하여 임플란트와 골과의 접촉률을 살펴보면 Gottlander 등³⁰⁾은 hydroxyapatite-coated implant에서는 75.9%, 그리고 titanium implant에서는 59.9%, Weinlander 등³⁰⁾은 titanium screw implant에서는 45.66%, titanium cylinder implant에서는 54.96%, hydroxyapatite-coated cylinder implant에서는 71.35%였다고 보고한 바 있다. 최근 Wilson 등³⁰⁾은 인간을 대상으로 한 임플란트와 골과의 접촉에 관한 연구에서, 발치한 즉시 titanium plasma-sprayed implant (TPS)를 식립하고 6개월 후에 생검하여 조직학적 및 조직계측학적으로 분석한 결과, 성숙한 골에 식립된 TPS 임플란트에서는 골과의 접촉률이 72%였으며, 수평방향으로 1.5 mm 이하의 골결손부를 갖는 경우 차폐막을 사용하지 않고 2 단계 수술법으로 식립한 임플란트에서는 50%의 접촉률, 그리고 수평방향으로 결손부의 크기가 4 mm 이며 비흡수성의 차폐막과 함께 1단계 수술법으로 식립한 경우에 접촉률은 17%였다고 보고하면서, (1) 발치한 즉시 TPS 임플란트를 식립한 경우에도 골융합이 일어 날 수 있으며 (2) 임플란트 주위 골 결손부 중에서도 수평방향의 크기가 골과 임플란트의 접촉량에 관련되는 중대한 인자라고 보고한 바, 이 연구에서는 임플란트 주위에 재생된 골이 4 mm로 가정하고 분석하였다.

원통형의 임플란트 고정체에 관한 응력분포 연구를 살펴보면, Holmes 등³⁰⁾은 IMZ 임플란트를 이용하여 응력전달에 관하여 유한요소법으로 분석한 결과 골내에서 그리고 임플란트 성분내에서 응력의 집중은 90° 하중보다는 30° 하중에서 훨씬 더 컸으며, 골에 대한 응력의 전달도 치조정부위에서 주로 일어났으며, 최

대응력집중은 고정나사에서 발생됨을 보고하였고, 장과 정³⁰⁾은 나사산이 있는 임플란트 고정체의 경우에는 임플란트 측면을 따라 더 많은 응력이 분산되었으나 원통형의 임플란트 고정체에서는 치근단 부위에서 주로 응력이 분산된다고 하였으며, 김 등³⁰⁾은 피질골의 두께를 3단계로 구분하고 원통형의 임플란트 고정체 모형을 제작한 후 유한요소법적으로 응력을 분석한 결과 피질골의 두께와 피질골의 탄성적 성질이 임플란트 주위 골조직에 발생하는 응력분포에 상당한 영향을 끼치는 변수라고 보고한 바 있다. 이 연구에서 원통형의 임플란트 주위에 재생된 골이 상대적으로 골질이 단단한 I형과 II형으로 둘러싸인 경우와 비교적 골질이 약한 III형으로 둘러싸인 경우와 비교했을 때 응력분포 양상이 반대 양상으로 즉, 골질이 약하면서 측방에서 하중이 가해질 경우 임플란트의 장축을 따라 응력이 분포되었다. 원통형의 임플란트의 경우 임플란트의 장축을 따라 가해지는 교합압하에서는 골과 임플란트 계면에 전단하중이 가해져서 위험하다고 보고¹²⁾되었는데, 이 연구에서도 골질이 약할 경우 치아장축에서 벗어난 측방압에서 임플란트 장축을 따라 응력이 분산된 바, 원통형의 임플란트를 식립할 경우 식립각도와 교합하중의 위치 등에 보다 더 세심한 고려가 필요하다고 사료된다.

최근 Buser 등³⁰⁾은 부분무치악환자에서 재생된 골내에 식립된 임플란트의 5년간의 안정성에 대해서 발표하였다. 자가골이식과 비흡수성막을 이용하여 재건술을 시행한 골에 매식된 66개의 타이타늄 임플란트에서 100%의 5년 생존율과 98.3%의 성공률을 보고하면서 재생된 골에 매식된 임플란트의 임상적 결과가 재생되지 않은 골에 매식된 임플란트의 결과와 견줄만하다고 보고하였다. 즉 재생된 골내에 식립된 나사형 임플란트는 임상적으로 안정하다고 입증되었으나 원통형 임플란트의 경우에는 그 안정성이 아직 보고되지 않은 바 이런 형태의 임플란트를 사용해야 할 경우에는 수술과 보철물 제작에 있어 보다 더 신중할 필요가 있다고 사료된다. 그러나, 유한요소법에서는 치조골의 생리적인 골 반응을 초과하여 골흡수를 초래하는 하중력에 대해서는 알 수 없는 바 향후에는 이와 관련된 동물실험이나 후향적 및 전향적인 연구가 필요하리라 사료된다.

결론적으로, 원통형의 임플란트를 이용하여 재생된 골내에서의 응력분포 양상을 평가하여 임플란트 주위의 재생된 골을 둘러싸고 있는 골질과 보철물에 가해지는 하중의 방향이 응력분포에 영향을 끼치는 것으로 관찰되었다. 따라서, 임상에서는 환자가 가지고 있는 골질과 교합양상에 따른 수복치료가 필요하리라 사료되며, 향후에는 재생된 골질의 조건을 다르게 한 여러 다른 임상조건하에서의 연구가 필요하리라 사료된다.

V. 결 론

본 연구는 IV형의 골질로 재생된 골내에 식립된 원통형 임플란트 주위의 골내에서 응력분포 양상을 평가하기 위하여 임플란트 주위 골은 수평방향으로 임플란트의 최상단 platform 주위 4 mm 까지, 그리고 임플란트 장축을 따라 근단쪽으로 임플란트의 측면을 따라 1 mm 간격으로 7 mm까지 IV형의 골질로 재생된 것으로

가정하였고, 재생된 골은 각각 I형, II형, III형의 골질로 둘러싸여 있다고 가정하고 모델링하였다. 임플란트와 골의 모형은 3차원 CAD 프로그램인 Iron CAD Ver 6.0, (IronCAD LLC, USA)를 이용하여 모델링하였다. 하중은 치관 중심좌에 해당하는 A점, 치관 중심좌에 있는 나사산 입구를 채운 콤포지트 레진부위에 하중이 가해지는 것을 피하기 위하여 레진을 벗어난 바로 바깥 부위의 금교합면에 해당하는 B점, 그리고 협측교두에 해당하는 C점에 200N의 수직하중과 200N의 30° 경사하중을 각각 작용하도록 한 후 응력을 분석하여 다음과 같은 결과들을 얻었다.

1. 재생된 골 (IV형 골)이 I형과 II형의 골질로 둘러싸인 경우, 하중점에 따른 응력은 하중 A점에서 C점으로 향할수록 응력은 커졌으며, 재생된 골의 깊이에 따른 응력은 하중 A점에서는 임플란트의 길이를 따라 골고루 분포하였으나 하중 B점과 C점에서는 주로 임플란트의 고정체와 수복물의 경계부에 집중되는 것으로 관찰되었다. 반면, 재생된 골이 III형의 골질로 둘러싸인 경우, 하중점에 따른 응력은 하중 A점에서 C점으로 향할수록 응력은 커졌으며, 재생된 골의 깊이에 따른 응력은 하중 A점, B점, 그리고 C점 모두에서 임플란트의 길이를 따라 골고루 분포되는 것으로 관찰되었다.
2. 재생된 골 (IV형 골)이 I형과 II형의 골질로 둘러싸인 경우, 하중점에 따른 응력은 하중 A점에서 C점으로 향할수록 응력은 감소되었으며, 재생된 골의 깊이에 따른 응력은 하중 A점과 B점에서는 주로 임플란트의 고정체와 수복물의 경계부에 집중되었으나 하중 C점에서는 임플란트 길이를 따라 골고루 분포되는 것으로 관찰되었다. 반면, 재생된 골이 III형의 골질로 둘러싸인 경우, 하중점에 따른 응력은 하중 A점 (치관 중심좌)에서 C점 (교두부위)으로 향할수록 감소되었으며, 재생된 골의 깊이에 따른 응력은 하중 A점, B점, 그리고 C점 모두에서 임플란트의 길이를 따라 골고루 분포되는 것으로 관찰되었다.

결론적으로, 실린더 형태의 임플란트에 인접한 재생된 골을 둘러싸고 있는 골질과 보철물에 가해지는 하중의 방향이 응력분포에 영향을 준다고 사료된다.

참고문헌

1. Klokkevold PR, Newman MG : Current Status of Dental Implants: A Periodontal Perspective. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2000; 15(1):56-65.
2. Becker W, Becker BE, Polizzi G. et al : Autogenous bone grafting of bone defects adjacent to implants placed into immediate extraction sockets in patients: A prospective study. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1994;9:389-396.
3. Reynolds MA, Bowers GM : Fate of Demineralized Freeze-Dried Bone Allografts in Human intrabony Defects. *J Periodontol* 1996; 67:150-157.
4. Valentini P, Abensur D, Densari D et al : Histological evaluation of Bio-Oss® in a 2-stage sinus floor elevation and implantation procedure. A human case report. *Clin Oral Impl Res* 1998;9:59-64.
5. Valentini P, Abensur D : Maxillary Sinus Floor Elevation for Implant Placement With Demineralized Freeze-Dried Bone and Bovine Bone (Bio-Oss): A clinical study of 20 Patients. *Int J Periodontics Restorative Dent* 1997;17:233-241.
6. Simion M, Baldoni M, Rossi P et al : A Comparative Study of the Effectiveness of a e-PTFE Membranes With and Without Early

Exposure During the Healing Period. *Int J Periodontics Restorative Dent* 1994;14:167-180.

7. Simion M, Trisi P, Piattelli A : GBR With an e-PTFE Membrane Associated With DFDBA: Histologic and Histochemical Analysis in a Human Implant Retrieved After 4 Years of Loading. *Int J Periodontics Restorative Dent* 1996;16:339-347.
8. Mish CM : Comparison of intraoral donor sites for onlay grafting prior to implant placement. *Int J ORa l Maxillofac Implants* 1997;12:767-776.
9. 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* 2003;23:185-195.
10. Jaffin RA, Berman CL : The excessive loss of Branemark fixtures in type IV bone: a 5-year analysis. *J Periodontol* 1991;62: 2-4.
11. Beck GH : Restoration of an Edentulous Maxilla Using Implants Designed for Specific Bone Densities: A Case Study. *Compendium (Special)* 1998;19(3):37-40.
12. Misch CE : *CONTEMPORARY IMPLANT DENTISTRY*. 2nd ed. Mosby. 1999. pp14 St Louis, London, Philadelphia, Sydney, Toronto.
13. Davarpanah M, Martinez H, Tecucianu JF, Hage G et al : Modified osteotome technique. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2001; 21:599-607.
14. Aghaloo TL, Moy PK, Freymiller EG : Investigation of platelet-rich plasma in rabbit cranial defects: A pilot study. *J Oral Maxillofac Surg* 2002;60:1176-1781.
15. Kawase T, Okuda K, Wolff LF, Yoshie H : Platelet-Rich Plasma-Derived Fibrin Clot Formation Stimulates Collagen Synthesis in Periodontal Ligament and Osteoblastic Cells In Vitro. *J Periodontol* 2003;74:858-864.
16. 김명래, 한중석, 최장우, 최용창, 김용식 : 최신 임플란트 치과학, 2판, 서울, 나래출판사, 2000. pp. 339~353, 381~396.
17. 김동원, 김영수 : 각종 형태의 골내 임플란트와 해부학적 치형에 관한 광탄성응력분석. *대한치과교합학회지* 1984;3:25-36.
18. 김우택, 차용두, 오세중, 박상수, 김현우, 박양호, 박준우, 이진주 : 수직력하에서 임플란트 나사형태에 따른 응력의 3차원 유한요소법적 분석. *대한구강악안면외과학회지* 2001;27(2):111-117.
19. 서구중, 류선열 : 골유착성 임플란트의 유한요소법적 응력분석. *전남치대 논문집* 1991;3(1):183-193.
20. 전진영, 김영수 : 골유착성 치근형 임플란트에 관한 광탄성 응력분석. *대한치과교합학회지* 1988;5:7-19.
21. 김수관, 전창길, 황갑운, 김병옥 : Fin type 임플란트 고정체의 유한요소법적 분석. *대한구강악안면외과학회지* 2003;29(1):14-25.
22. 지창주, 조인호 : 골밀도, 피질골, 이용법 및 보철물 설계에 따른 하악 임플란트의 삼차원적 유한요소 분석. *대한구강악안면외과학회지*. 2000;4(1):6-46.
23. 고현주, 정재현 : 골유착성 임플란트 보철수복시 자연 지대치와의 고정유무에 따른 유한요소법적 응력분석. *대한치과보철학회지* 1991;29: 147-160.
24. 김동원, 김영수 : 골유착성 보철물에 관한 삼차원 유한요소 분석적 연구. *대한치과보철학회지* 1991;29:167-213.
25. 김영일 : 골유착성 임플란트 보철치료시 자연지대치와의 연결방법에 따른 광탄성 응력 분석 연구. *조선대학교 대학원 논문*. 1992.
26. 김성철, 이운상, 이민영, 이진주, 박준우, 한호진, 윤병모, 박상훈 : 하악 골체부 골절시 소형 금속판의 위치에 따른 응력분포의 유한요소적 해석. *대한구강악안면외과학회지* 1995;21(3):346-354.
27. 김성철, 엄기정, 신성수, 최동주, 권순용, 박영주, 박준우, 이진주 : 하악골 과두부의 운동방향에 따른 유한요소법에 의한 삼차원적 응력해석. *대한구강악안면외과학회지* 1998;24(3):263-275.
28. 박기덕, 류선열 : 하악골 우각부 골절시 교합력에 대한 소형금속판 내고정의 삼차원적 응력분석. *대한구강악안면외과학회지* 1993; 19(4):499-513.
29. Abu-Hammad OA, Harrison A, Williams D : The Effect of a Hydroxyapatite-Reinforced Polyethylene Stress Distributor in a Dental Implant on Compressive Stress Levels in Surrounding Bone. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2000;15:559-564.
30. Clift SE, Fisher J, Watson CJ : Finite element stress and strain analy-

- sis of the bone surrounding a dental implant: effect of variations in bone modulus. Proc Instn Mech Engrs 1992;206:233-241.
31. Holmes DC, Grigsby WR, Goel VK. et al : Comparison of Stress Transmission in the IMZ Implant System With Polyoxymethylene or Titanium Intramobile Element: A Finite Element Stress Analysis. Int J Oral Maxillofac Implants 1992;7:450-458.
 32. Gottlander M, Albrektsson T, Carlsson LV : A histomorphometric study of unthreaded hydroxyapatite-coated and titanium-coated implants in rabbit bone, Int J Oral Maxillofac Implants 1992;7:485-490.
 33. Weinlander M, Kenney EB, Lekovic V et al : Histomorphometry of bone apposition around three types of endosseous dental implants, Int J Oral Maxillofac Implants 1992;7:491-596.
 34. Wilson Jr TG, Schenk R, Buser D et al : Implants Placed in Immediate Extraction Sites: A Report of Histologic and Histometric Analyses of Human Biopsies. Int J Oral Maxillofac Implants 1998; 13:333-341.
 35. 장두익, 정재현 : 골내 임플란트의 종류에 따른 광탄성 응력 분석. 구강생물학연구 1993;17(1):137-154.
 36. 김희주, 이재훈, 계기성, 조규중 : 골변화에 따른 치근형 임플란트의 유한요소법적 응력분석. 구강생물학연구 1996;20(1):87-105.
 37. 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 2002;22:108-117.