

성전에서 골유착성 타이타늄 임프란트의 기능적 노출 시기가 주위의 골형성에 미치는 영향

연세대학교 치과대학 보철학교실

양자호 · 이호용

I. 서 론

1960년대 말부터 정형외과학 분야에서는 골의 파절시 고정을 위하여 사용되는 임프란트와 골조직 사이에 섬유성 결합조직이 존재하지 않는 이른바 골유착의 개념이 시작되었고^{14,23,46}, Brånemark등¹⁵에 의하여 치과학에 소개된 골유착성 임프란트는 그동안 여러면에서 제한되었던 치과 임프란트 치료의 범위를 넓혀가고 있으며, 많은 동물실험과 임상연구를 통하여 확고한 이론적 배경을 굳혀가고 있는 바^{1,3,65}, 이러한 골유착성 임프란트의 발견은 오랜 치과학 역사에 큰 변화의 계기로 여겨진다.

중전의 섬유 유착성 임프란트에서는 섬유성 결합조직이 임프란트와 주위골 사이에 형성되어, 자연치아의 치주인대와 유사하게 교합력을 감소시켜 주위골에 전달하므로, 힘의 분산이 이루어진다고 믿었다^{10,25,47}. 그러나 오랜 임상적용 결과 주위의 섬유성 결합조직이 치주인대와 유사한 기능을 한다는 증거는 없었으며¹⁰, 결합조직을 통한 염증의 확산과 그로 인한 주위 골조직의 변성이 많이 관찰되었고^{10,52,67}, 결과적으로 이러한 섬유 유착성 임프란트는 실패하였다고 보고되었다⁴³.

Brånemark등¹⁴은 가토의 치유된 골체에서 titanium optical chamber를 쉽게 제거할 수 없으므로, 여기에서 골유착의 가능성을 보고하였고, Albrektsson등³과 Brånemark등¹⁶은 골유착이란 살아있는 골조직과 하중을 받는 임프란트 표면간에 기능적, 구조적으로 직접 연결된 상태라고 정의하였다. 그후 골유착의 정도^{5,9,26,34,39,40,70,73}, 임프란트 재료의 생체적합성^{18,52,67}, 외과적 시술시 주의 사항^{4,20,56}, 발치 직후 임프란트의 이식^{6,71}, 면역조직학적 분석⁶⁶ 등에

대한 많은 연구가 진행되었고, 이러한 연구에 의하여 임프란트의 성공에 대한 지표가 마련되었으며^{2,4,45}, 현재 대다수의 임상가들이 이에 의하여 임프란트를 이식하고 있다.

악골내 임프란트에서는 임프란트와 연조직, 그리고 임프란트와 골조직의 계면이 생기며, 이 부분들은 모두 임프란트의 성공에 중요한 작용을 한다. 치과용 임프란트는 악골내에 위치하며 연조직을 통하여 구강내로 노출되므로 정형외과의 임프란트와는 생물학적 환경이 다르다. 그러므로 연조직이 임프란트에 긴밀히 부착되어야만 화학물질이나 세균의 침투를 방지할 수 있으며⁵³, 이를 위하여는 자연치아와 유사한 관계를 유지할 수 있어야 하는데, 적절한 폐쇄를 얻지 못하거나 상실된 경우에는 상피조직이 하방으로 이주되며, 결과적으로 임프란트 전체를 둘러 싸게 되어^{57,59}, 임프란트의 실패를 초래하므로, 성공적인 임프란트를 위하여 시술시 연조직의 손상을 줄이기 위한 세심한 주의와, 임프란트와 연조직 계면의 건강한 상태를 유지하는 것이 필수적이며, 철저한 구강위생 관리가 매우 중요하다^{20,55}.

임프란트가 악골내에 위치하여 염증이, 섬유성 결합조직의 피개, 그리고 동요가 없이 계속적으로 안정된 기능을 하기 위하여는 임프란트와 골조직 계면의 상태가 매우 중요하다^{7,22,35,38,81}. 치아가 상실되면 저작시의 불편, 소화 장애, 심미 장애, 발음 장애는 물론, 정신적 열등감이 생기게 되므로, 임프란트를 이식한 대부분의 환자들은 가능하면 빠른 시기에 보철치료를 받기 원한다. 그러나, 이식된 임프란트가 악골내에서 제반의 기능들을 수행하기 위하여는, 임프란트 주위에 골형성이 일어날 수 있는 어느정도의 기간을 필요로 하며, 임프란트 이식후

기능을 가하기까지의 경과된 시간이 제면에 영향을 줄 수 있다. Brunski등¹⁷⁾과 Pilliar등⁶⁰⁾은 골형성이 일어나는 동안 임프란트와 주위 골조직 사이의 움직임을 제한하여야 하며, 조기 하중등의 심한 움직임은 골석회화를 방해하여 섬유성 피막이 쉽게 형성될 수 있다고 하였으며, Adell등¹⁾과 Brånemark등¹⁶⁾은 임프란트를 골내에 이식한 후, 손상된 골조직이 새로운 골조직으로 완전히 개형되는 시기를 상악에서 6개월, 하악에서 4개월이라고 하였으며, 그 기간이 경과한 후에 보철물의 제작이 가능하다고 하였다. 반면에 Deporter등²⁶⁾과 Keller등³⁹⁾은 초기 치유기간이 경과되면 기능을 가하여도 된다고 보고하였고, Ducheyne등²⁷⁾과 Clemow등²⁴⁾은 정형외과의 임프란트는 어느 정도의 치유시기가 지나면, 골형성이 기능적 자극에 의하여 일어나므로, 초기에 기능을 하도록 하는것이 골형성을 촉진시킬 수 있다는 가능성을 보고하였다.

이에 저자는 임프란트 이식후 보철물의 조기장착에 의한 기능적 노출이 골유착을 방해하는지, 아니면 주위골의 형성을 촉진시키는지의 여부와, 임프란트와 골사이의 계면에 어떠한 변화가 일어나는지를 관찰하여, 임상에서 보철시술의 적절한 시기 선택과 골조직 형성기전의 생역학적 반응을 규명하는데 도움이 되고자, 성견의 하악골 내에 이식된 임프란트에 기능을 할 수 있는 상부 구조를 초기에 장착하고, 임프란트와 골조직의 계면 및 주위 골조직을 광학 현미경, 주사전자 현미경, 형광 현미경을 통하여 관찰한 바 다소의 지견을 얻었기에 이에 보고하는 바이다.

II. 실험재료 및 방법

1. 실험재료

실험동물은 영구치가 완전히 맹출된 체중 15kg 내외의 성견 6마리를 사용하였고, 임프란트는 직경이 3.5mm, 길이가 8mm인 titanium plasma spray coating된 hollow-screw형태의 ITI 임프란트(Struermann Institute, Waldenburg, Switzerland) 24개를 사용하였으며, 기능을 가하기 위한 상부 구조로는 같은 회사의 길이가 5.5mm인 지대치로 형태를 조정하여 사용하였다.

2. 실험방법

가. 발치 및 임프란트 이식

실험동물은 kg당 30mg의 Entobar®(한림제약, 한국)를 정맥주사하여 전신마취시키고, 지혈을 위하여 2% Lidocaine HCl(epinephrine 1 : 100,000)로 하악 양측 제 3, 4 소구치부 협점막에 침윤마취시킨 후, 나중에 기능적 하중을 가하기 위한 상부 구조의 교환관계를 참고하기 위하여, 악골의 진단모형을 위한 인상을 채득하고, 하악 좌우측 제 3, 4 소구치를 발치한 후, 감염 방지를 위하여 Acopex®(유한양행, 한국)를 정맥주사하였다. 발치와가 치유된 16주후 동일한 술자의 시술하에 다시 상기한 방법으로 마취하여, 전에 발치한 부위의 치조제 정상에 외과용 수술도로 절개하고, 임프란트 제조회사의 지시대로 양측 제 3, 4 소구치의 발치와 부위에 각각 1개씩 모두 4개를 이식하고, 절개한 부위를 3-0 봉합사로 봉합한 후, 치유나사(healing screw)를 위치시키고, 감염 방지를 위하여 1일 500mg의 Amcillin®(종근당, 한국)을 3일간 근육주사하였다. 실험 기간동안 특별히 뼈등을 제공하지 않은 일반적인 개의 먹이를 공급하였다.

나. 상부 구조로서의 지대치 장착

보철물의 형태와 변연부가 실험 결과에 미칠 수 있는 영향을 고려하여 개의 치아와 동일한 형태의 보철물은 제작하지 않았으며, 기능적 하중을 받을 수 있도록 개의 소구치와 길이가 유사한 ITI의 지대치를 위치시킨 후, 진단 모형상에서 제작된 template를 이용하여, 그 형태를 조정하여 기능시의 교환간섭이 없도록 하였다(그림 1). 실험 I 군은 임프란트 이식후 6주, 실험 II 군은 12주째에 지대치를

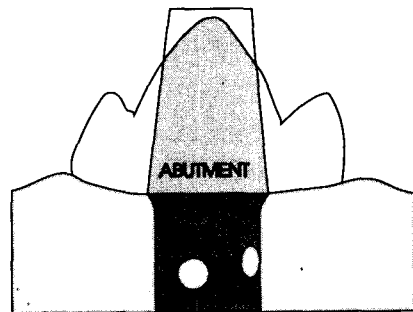
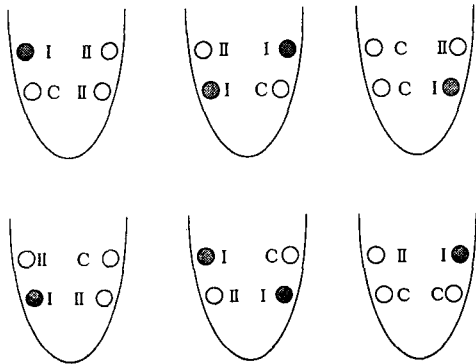


그림 1. 기능을 할 수 있도록 임프란트에 장착한 상부 구조의 조정된 형태

장착하였고, 대조군은 임플란트 이식후 실험 종료 시까지 지대치를 장착하지 않았으며, 개체간의 유의차를 없애기 위하여 실험동물마다 대조군, 실험 I 군, 실험 II 군을 배치하였다(그림 2).



C : 대조군
I : 실험 I 군
II : 실험 II 군

그림 2. 대조군, 실험 I 군, 실험 II 군 배치도

다. 형광약제 투여

장기간의 관찰에서 골조직이 형성된 시기를 구분하기 위하여, 새로 형성되는 골조직에 침착되어, 형광 현미경적 관찰시 자외선하에서 밝은 황색 형광을 나타내는 Oxytetracycline hydrochloride(Terramycin®, Pfizer Co., 한국), 적색 형광을 나타내는 Alizarin Red S(Junsei chemical Co., Japan), 녹색

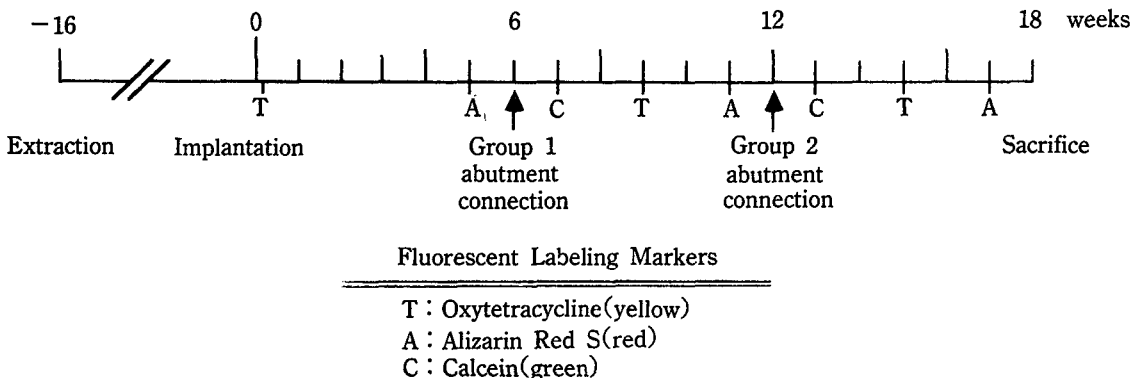
형광을 나타내는 Calcein(Sigma Co., U. S. A.)을 순서대로 kg당 20mg씩 사용하였으며^{29, 68)}, 그 시기는 임플란트를 이식하고 3일후, 그리고 실험 I 군의 지대치를 장착하기 1주일전부터 매 2주 간격으로 실험 종료시까지 모두 8회를 정맥주사하였다(그림 3).

라. 실험동물 희생 및 조직표본 제작

임플란트 이식후 18주 후에 각 실험동물을 희생시켜, 임플란트와 인접 조직을 block section하여, 70% 에탄올에 1주일간 고정한 후, Bone trimmer(Maruto Co., Japan)상에서 diamond disk를 이용하여 임플란트의 장축을 따라 협설 방향으로 이등분하여, 반은 광학 및 형광 현미경적 관찰을, 나머지는 주사전자 현미경적 관찰을 위한 시편을 제작하였다.

(1). 광학 현미경 및 형광 현미경적 관찰

이등분한 한쪽은 70% 에탄올에 3일간 고정한 후, 광학 현미경적 관찰을 위하여 Villanueva bone stain에 3일간 침적하고^{29, 76)}, 에탄올의 농도를 상승시키며 탈수한 후⁵¹⁾, polymethylmethacrylate로 포매하여 40일간 37°C 항온기에서 경화시킨 후, 경조직 절단기인 Crystal cutter(Maruto Co., Japan)를 이용하여 200μ의 두께로 절단하고, 연마기인 Hard tissue grinding system(Maruto Co., Japan)으로 50μ의 박편을 만들었다. 또한 자연치아 주위의 연조직 상태와 골형성 상태를 관찰하기 위하여 제 2소구치와 인접조직을 block section하여 치아의 장축을 따라 협설 방향으로 이등분한 후 동일한 방법으로 시편을



Fluorescent Labeling Markers

T : Oxytetracycline(yellow)
A : Alizarin Red S(red)
C : Calcein(green)

그림 3. 전반적 실험진행 과정 및 형광약제 투여시기

제작하여 Vanox-S Research Microscope(Olympus, Japan)를 이용하여 광학 및 형광 현미경적 관찰을 하였다(사진 부도 1).

(2). 주사전자 현미경적 관찰

이등분한 나머지는 골유착의 정도를 확인하기 위하여, 70% 에탄올에 1주일간 고정 후, 무수 알코올로 탈수하고, isoamyl acetate로 치환하여, CO₂ liquid로 critical point drying한 후, gold coating하여 JSM-T220A(JEOL, Japan)으로 주사전자 현미경적 관찰을 하였다.

III. 실험결과

1. 광학 현미경적 소견

가. 자연치아군

치주낭을 따라 연속된 열구상피(sulcular epithelium)가 접합상피(junctional epithelium)에 의하여 법랑-백악질 연결부(cemento-enamel junction)까지 이어지며, 그 하방에서 치조정까지 결합조직(connective tissue)이 위치하며, 백악질과 치조골 사이에 치주 인대(periodontal ligament)가 관찰되었다(사진부도 2).

나. 대조군

상피조직의 하방 이주는 관찰할 수 없었고, 임프란트 상부의 활택한 표면에 근접하여 자연치아군보다 길이가 긴 접합상피가 관찰되었으며, 그 하방에 결합조직이 보였고, 일부에서는 결합조직이 치조정 하방까지 위치하는 것을 관찰할 수 있었다(사진부도 3). 피질골(cortical bone) 부위에 위치한 모든 임프란트의 표면에서 골접촉을 관찰할 수 있었고(사진부도 4), 하부의 수질골(cancellous bone) 부위에 위치한 임프란트에 골소주(bone trabecule)들이 부착된 것이 관찰되었다(사진부도 5).

다. 실험 I 군

상피조직의 하방 이주는 관찰할 수 없었고, 전반적으로 대조군과 유사한 양상을 보였으나, 수질골 부위의 골소주가 대조군에 비하여 양이 증가되었고, 임프란트의 표면을 따라 수직으로 형성된 것을 관찰할 수 있었으며(사진부도 6), 치밀골이 임프란트 표면을 피개하는 것을 관찰할 수 있었다.

라. 실험 II 군

상피조직의 하방 이주는 관찰할 수 없었고, 전반

적으로 실험 I 군과 유사한 양상을 보였다.

2. 주사전자 현미경적 소견

가. 대조군

임프란트 상부의 활택한 부위에 결합조직의 섬유들이 임프란트 표면과 평행하게 배열되어 있었고(사진부도 7), 피질골이 임프란트 표면에 긴밀히 부착되어 있는 것을 볼 수 있었으며(사진부도 8), 수질골 부위의 골소주들이 임프란트 표면에 부착되어 있는 것을 관찰할 수 있었다(사진부도 9).

나. 실험 I 군

전반적으로 대조군과 유사한 양상을 보였으나, 골소주가 대조군보다 많이 증식되었고, 임프란트에 거의 수직으로 배열되었으며, 수질골 부위의 임프란트 표면이 얇은 치밀골에 의하여 피개된 것을 관찰할 수 있었다(사진부도 10).

다. 실험 II 군

실험 I 군과 유사한 양상을 보였으며, 수질골 부위에 위치한 임프란트 하방에 피질골이 피개된 정도가 대조군보다는 증가되었으나, 실험 I 군에 비하여 적었다.

3. 형광 현미경적 소견

전반적으로 자연치아군에 비하여 대조군, 실험 I 군, 실험 II 군에서 형광을 나타내는 2차 골원(secondary osteon)의 숫자가 증가되었고, 그 크기도 커져 있었다.

가. 자연치아군

색을 명확히 구분하기 어렵고, 간격이 좁으며, 가느다란 3~4줄의 선상 형광대가 골외막부에서 치조정을 지나 치주인대를 따라 골내막부까지 연결되는 것을 볼 수 있었으며(사진부도 11), 피질골 부위에서는 희미하게 형광을 나타내는 작은 동심원상 형광대를 관찰할 수 있었고, 그 숫자는 매우 적었으며, 대부분의 형광대가 합쳐져서 색을 구분하기 어려웠다(사진부도 12).

나. 대조군

골외막부에서 자연치아군에 비하여 간격이 넓고, 색을 구분할 수 있는 4~5줄의 선상 형광대가 보였고, 약제를 투여한 순서대로 피질골 내부로부터 골외막 쪽으로 농황농황적의 순서로 나타났으나(사진부도 13), 일부 시편에서는 골외막 하부에 새로운 골형

성을 의미하는 선상 형광대가 부분적으로 끊어진 것을 관찰할 수 있었다(사진부도 14). 피질골 부위에서는 형광약제를 투여한 순서에서 일부가 빠진 2~5줄의 동심원상 형광대가 규칙적이며 크기가 다양하게 나타났고, 그 크기는 자연치아군보다 크며(사진부도 15), 협측과 설측이 유사한 양상을 보였다(사진부도 16).

끝내막부에서는 5~6줄의 선상 형광대가 약제를 투여한 순서대로 피질골 내부에서 끝내막쪽으로 황녹황녹황적 순으로 나타나는 것을 관찰할 수 있었고(사진부도 17), 끝내막에서 형성된 골소주내에 규칙적으로 배열된 형광대를 관찰할 수 있었다(사진부도 18).

다. 실험 I 군

대조군과는 달리 모든 실험 I 군의 골의막부와 끝내막부에 임프란트쪽으로 가까와지며 간격이 넓어지는 5~7줄의 복잡하고 불규칙한 양상을 보이는 선상 형광대가 약제를 투여한 순서대로 피질골 내부에서 끝막쪽으로 황녹황적녹황적 순으로 나타났으며(사진부도 19, 20), 피질골 부위에서는 전반적으로 협측에 규칙적인 2~3줄의 형광대가(사진부도 21), 설측에는 불규칙적이며 복잡하고 다양한 형태의 5~6줄의 형광대가 선상 및 동심원상으로 관찰되었다(사진부도 22). 수질골 부위에 위치한 임프란트에 비스듬히 또는 거의 수직으로 주행하는 5~7줄의 선상 형광대를 관찰할 수 있었다(사진부도 23). 전반적으로 대조군에 비하여 현저히 복잡하고 다양하며, 많은 수의 형광대가 관찰되었다.

라. 실험 II 군

골의막부와 끝내막부에서 나타나는 형광대는 실험 I 군과 유사하였고(사진부도 24, 25), 피질골 부위에서는 임프란트 인접면에 3~4줄의 동심원상 형광대가 지대치를 장착한 이후에 투여한 약제의 순서대로, 동심원 내부로부터 적황녹의 순으로 뚜렷하게 나타났으며(사진부도 26), 수질골 부위에서는 3~4줄의 선상 및 동심원상 형광대를 보이는 골소주들이 임프란트 표면에 수직으로 부착되어 있는 것을 관찰할 수 있었다(사진부도 27). 전반적으로 실험 I 군보다 규칙적이고 선상 및 동심원상 형광대의 숫자와 크기가 적었으나, 대조군보다는 현저히 증가되어 있었다.

IV. 총괄 및 고찰

끝내 임프란트의 임상적용이 증가하면서, 장기간의 임상적 관찰에서는 임프란트의 기능상태^{1,4,15)}, 동요도⁵⁾, 임프란트 주위 지지조직의 건강 상태^{9,44)} 정도만 알 수 있으므로, 임프란트와 골조직 계면의 구조와 주위조직이 생리적으로 임프란트에 어떻게 반응하는지에 대하여 더욱 자세히 알고자 하는 욕구가 생겨났으며, 이는 동물실험을 통한 연구에서만 가능하다.

Karagianes^등³⁷⁾은 임프란트의 초기 고정이 장기적인 성공에 필수적이며, 임프란트와 주위 골조직 간의 움직임은 골형성을 방해한다고 보고하였고, Deporter^등²⁶⁾과 Wolfe^등⁷⁹⁾은 나사형태가 초기 고정력이 우수하므로 골형성이 잘 일어나 악골내 임프란트에 적당하다고 하였으며, Babbush¹¹⁾는 나사형태의 임프란트를 사용하면 이식후 즉시 보철물의 제작이 가능하다고 하였다. 본 실험에서는 다른 임프란트 system에 비하여 표면적이 넓고⁶⁹⁾, plasma spray coating의 강도가 강하며⁸⁰⁾, 임프란트 bed 형성시 골 손실이 적고⁷⁰⁾, 임프란트 자체의 부피가 작은 ITI의 titanium plasma spray coating된 Hollow Screw형(내부가 빈 나사 형태) 임프란트 24개를 평균 체중이 15kg인 6마리의 성견에 사용하였다.

성공적인 끝내 임프란트를 위한 조건중 하나는, 임프란트 이식후 골조직과 구강내를 연결하는 통로인 치은의 밀접한 폐쇄가 이루어져야 한다는 것이며⁵³⁾, 만약 이러한 폐쇄를 얻고 유지하는데 실패하면 임프란트와 주위 골조직 사이의 계면에 상피조직의 하방 이주가 일어나, 섬유성 결합조직에 의하여 임프란트가 둘러 싸이게 될 가능성이 높아지며^{57,59,75)}, 결국은 실패를 초래하게 된다. 자연치아에서는 dento-gingival junction이 치은 및 치아의 건강에 중요한 구조로써³⁰⁾, 외부자극에 대하여 저항성이 강한 조직이 치아를 둘러 싸고 있으며⁸⁾, 상피조직이 hemidesmosome에 의하여 법랑질 또는 상아질에 부착되고⁴⁸⁾, 치은이 교원섬유에 의하여 백악질에 부착되므로 효과적인 폐쇄가 이루어져, 화학물질이나 세균의 침투를 방지한다⁴⁹⁾. 임상연구 결과 세심한 주의를 기울인 임프란트 주위의 연조직에서 염증세포의 침윤이

자연치아에서의 유사하게 매우 낮은 빈도로 나타났으며^{9,31,44)}, 부착치은(attached gingiva)의 양이 3mm 이상이어야 장기간의 성공에 중요한 것으로 보고되었다⁸⁰⁾.

ITI 임프란트의 경우에는 Brånemark system의 2 단계 수술방법¹⁶⁾과는 달리 1차 수술시 임프란트의 neck 부위가 구강내에 노출되게 하여, 치유 초기에 치은이 임프란트 표면에 면밀히 부착되는 것을 유도하며, 2차 수술없이 바로 지대치를 장착할 수 있으므로, 치은조직의 치유에 부가적인 시간이 소요되지 않는다고 하였으나⁶⁴⁾, 1차 수술시 임프란트를 구강내로 노출시킨 경우에, 수술시의 골막 손상으로 인한 임프란트와 골막의 긴밀한 폐쇄가 불가능하여 상피조직이 하방으로 이주할 가능성이 있다.

본 실험에서는 초기에 기능을 가한 실험 I 군뿐 아니라, 실험 II 군과 대조군 모두에서 상피조직의 하방 이주는 관찰되지 않았고, 열구상피와 접합상피의 길이가 자연치아보다 긴 것을 관찰할 수 있었는데, Melcher⁵⁵⁾는 임프란트에 부착된 상피 조직이 자연치아의 경우보다 길게 부착되어, 임프란트가 기능시에 치은과의 안정된 관계를 유지하는데 도움을 준다고 하였다. 또한 상부 치조골의 심한 흡수는 관찰되지 않았으나, 일부분에서는 접합상피 하방의 결합조직이 치조정보다 낮게 존재하는 것을 관찰할

수 있었으며, 동일한 부분의 형광 현미경적 소견에서 골형성이 부분적으로 상실된 것을 확인할 수 있었는데, 이는 ITI 임프란트의 경우에 1차 수술시 구강 점막을 개봉시키므로 초기의 골형성이 방해를 받았기 때문이라 사료된다. 전반적으로 협측 치조정이 설측에 비하여 낮은 것을 관찰할 수 있었는데, 이는 하악의 해부학적 구조가 상부에서 설측으로 경사지는 것⁸⁰⁾에 기인한다고 사료되며, 기능적 하중의 유무 및 시기와 상피조직의 하방 이주간의 연관성은 발견할 수 없었다.

체내 골조직은 성장이나 외상, 그리고 생역학적 반응등에 관련된 골의 흡수 및 침착에 의하여 골형성이 일어나며, 형성된 골조직은 일생동안 골개형(bone remodeling)에 의하여 양적인 변화없이 교체된다⁷⁸⁾. 골형성의 초기에 형성되는 woven bone은 적절한 환경하에서 기능을 담당할 수 있는 lamellar bone으로 대체되며, 그 기간은 대략 토끼가 6주, 개가 12주, 사람이 18주로 1 : 2 : 3의 비율이다^{29,33,61,62)}. 이러한 과정을 거쳐 형성된 골조직중 미성숙하거나, 또는 구조적으로 취약하고, 또는 노쇠하며, 또는 기능적 자극을 받는 골조직은 개형에 의하여, 기능에 장애를 주지 않으며, 환경에 적합한 새로운 골조직으로 대체된다^{61,62)}. 골개형은 파골세포와 조골세포의 상호작용에 의한 안정된 상태로서^{13,36)}, 파

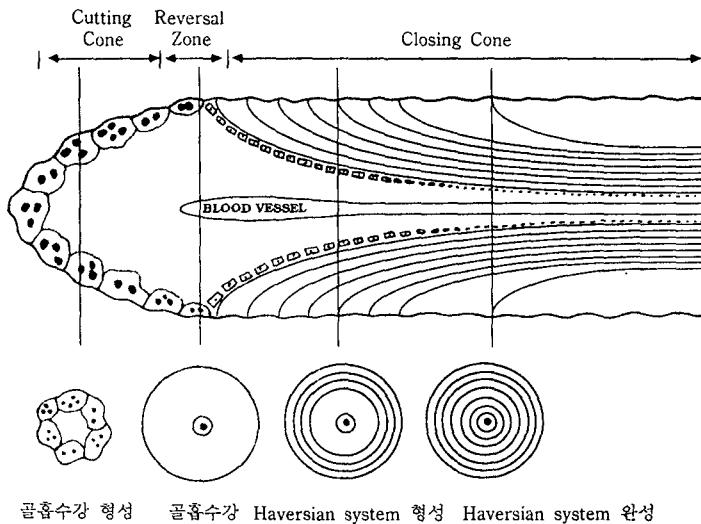


그림 4. 골내에서 골개형이 일어나는 과정

골세포가 골조직을 흡수하며 진행되는 cutting cone과, 뒤이어 혈관이 증식하고 파골세포가 조골 세포로 대체되는 reversal zone, 그리고 조골세포에 의하여 새로운 골조직이 형성되는 closing cone등이 2차 골원(secondary osteon, or secondary Haversian system)을 구성하고^{25, 33, 63, 77)}, 이를 횡축 절단시 주기적으로 활발하게 형성되는 골원이 동심원으로 나타난다^{32, 41)}(그림 4).

동물실험시 이미 형성된 골조직과 새로 형성된 골조직을 구분하고, 골형성의 정도와 방향등을 관찰하기 위하여, bone에 침착될 수 있는 약제가 사용되며, 항생제인 tetracycline분자는 Ca, Mg, Fe, Cu등 생물학적으로 활성이 강한 이온과 결합하는 능력을 갖고 있으므로^{28, 58)}, 혈류내에 존재시 Ca와 동일하게 새로운 골조직이 형성되는 곳에 침착되어, 480nm 이상의 파장에서 황색 형광을 띤다^{21, 32)}. 그 외에 모든 파장에서 적색 형광을 발하는 alizarin red S와, 520nm 정도의 파장에서 녹색 형광을 발하는 calcein등이 새로 형성된 골조직에 침착되는 약제로써 사용될 수 있으며, 이들은 적정량을 투여시 신체에 무해하고, 골이 형성되는 곳에 정확히 국한되며, 처음에 침착된 곳에 안정되게 남아 있다⁶⁸⁾. 본 실험에서는 실험동물을 중간단계에서 희생시키지 않고, 최소한의 개체로 골형성과 골개형의 시기를 관찰할 수 있도록, tetracycline, alizarin red S, 그리고 calcein의 세종류 약제를 임프란트 이식후 5주째부터 2주 간격으로 순서대로 정맥내에 주사하였는데, 실험 결과 alizarin red S가 약제투여 직후에는 골조직에 침착되어 적색 형광을 발하나, 시간이 경과할수록 체내에서 서서히 대사가 이루어져 발광의 정도가 약해지는 것으로 보아, 형광 현미경적 관찰을 위하여 사용하기에는 부적절하다고 사료된다.

임프란트의 적절한 보철시술 시기에 대하여, Adell등¹⁾과 Brånemark등¹⁶⁾은 lamellar bone이 성숙되는 상악에서의 6개월, 하악에서의 4개월을 이상적인 보철치료의 시기라고 한 반면, Ducheyne등²⁷⁾과 Clemow등²⁴⁾은 어느정도의 치유기간이 경과되면 기능적 자극에 의하여 골형성이 촉진된다고 하였고, Block등¹²⁾은 초기에 형성된 woven bone이 기능적 자극을 받으면, 골개형이 촉진되어 조기에 lamellar bone으로 대체된다고 하였으며, 그의 많은 학자들이 초기 하중의 가능성을 보고하였다^{34, 42, 78)}. 이에 저자는

형광 현미경을 이용하여, 광학 현미경 및 주사전자 현미경으로 관찰되는 골조직이 새로 형성된 것인지, 아니면 전에 형성된 것인지를 구분하고, 조기의 기능적 하중이 임프란트 주위의 골조직을 형성시킬 것인지, 아니면 흡수시킬 것인지의 여부와, 형성이 된다면 어떠한 양상으로 개형이 일어나는지를 연구하고자 하였다.

성공적인 골내 임프란트를 위한 다른 하나의 조건은 얼마나 많은 골조직이 형성되어 임프란트 표면에 부착되는가 하는 것이다. 광학 현미경 및 주사전자 현미경적 관찰에서 대조군과 실험 II군뿐 아니라, 조기에 기능적 하중을 가한 실험 I군에서도 골조직이 임프란트 표면에 접촉되어 형성된 것을 관찰할 수 있었는데(사진부도 4~6, 8~10), 이는 임프란트 이식후 6주만에 하중을 가하여도 골유착을 방해하지 않고, 골개형이 활발히 진행된 것을 의미하는 것으로 믿어진다.

형광 현미경적 관찰은 골외막 부위, 피질골 부위, 골내막 부위, 수질골 부위의 골소주, 그리고 혈축대 설측 부위의 골형성을 구분하여 관찰하였다.

골외막 부위의 골형성은 임프란트를 이식한 군이 자연치아군에 비하여 증가된 것을 관찰할 수 있었고, 그 정도는 대조군에 비하여 실험 I, II군이 현저하였으나, 일부 시편에서는 골외막 하부에 새로운 골형성을 의미하는 선상 형광대가 부분적으로 끊어진 것을 관찰할 수 있었다. Roberts등^{61, 62)}은 피질골의 주된 혈액 공급은 골막으로부터 이루어지며, 손상을 받지 않은 골막은 골형성 능력이 있다고 보고하였고, Uddströmer⁷⁴⁾는 어린 동물의 경우에 손상을 받은 골막하에서도 골형성이 일어난다고 보고하였으나, Tonna⁷²⁾와 Melcher등⁵⁴⁾은 성숙한 동물의 경우에도 수술시 골막의 손상을 가능한 줄이도록 세심한 주의를 기울이면, 인접조직에서 혈액의 공급이 다시 이루어져, 골막하의 골형성을 유도할 수 있다고 하였으며, Roberts⁶³⁾는 수술시 골막에 심한 손상을 가하면 임프란트 주위의 가골 형성에 상당한 영향을 초래한다고 보고한 것으로 미루어, 본 실험의 결과는 시술시 골막이 손상을 받아 새로 형성되는 동안은 골형성이 일어나지 못한 것으로 사료되며, 이를 방지하기 위하여 부착치은이 충분한 경우에는 점막성 골막(mucoperiosteum)을 천공하거나, 치조정에서 벗어나서 절개선을 긋는것이 골형성을 촉진하는데

유리하다고 생각된다.

피질골 부위의 골형성은 자연치아군 주위에 2차 골원의 형태가 작고 숫자도 적으며, 형광대가 희미하여, 골개형이 서서히 일어나는 것을 알 수 있었으며(사진부도 12), 대조군에서는 자연치아군보다 골개형이 활발히 진행되었으나, 그 형태가 규칙적이었다(사진부도 15). 반면에 조기에 기능적 자극을 받은 실험 I 군의 경우, 불규칙적이며 복잡하고 다양한 형태의 5~6줄의 형광대가 선상 및 동심원상으로 관찰되었고(사진부도 22), 실험 II 군의 경우 대부분의 임프란트 인접면에 3~4줄의 동심원상 형광대가 지대치를 장착한 이후에 투여한 약제의 순서대로 뚜렷하게 나타났으며, 전반적으로 실험 I 군보다 규칙적이고, 선상 및 동심원상 형광대의 숫자와 크기가 적었으나, 대조군보다는 현저히 증가되어 있었는데(사진부도 26), 이는 Roberts등^{61, 62)}이 보고한 기능적 자극이 큰 골조직은 골개형이 활발히 일어나 불규칙적이고 복잡한 양상을 보이며, 자극이 적은 골조직은 개형의 속도가 현저히 감소되어 규칙적인 양상을 보인다고 한 것과 일치하며, 조기에 기능을 하도록 한 실험 I 군의 경우 지대치를 장착한 이후에 투여한 약제의 형광대가 모두 관찰된 점으로 미루어, 조기의 기능적 노출이 골유착을 방해하지 않고 골형성을 촉진시킨 결과라고 사료된다.

골내막부의 골형성은 자연치아군에서와는 달리 임프란트를 이식한 모든 군에서 상당한 골형성을 관찰할 수 있었으며(사진부도 17, 20, 25), 기능을 가한 실험 I, II 군이 더욱 현저하였으나, 실험 II 군이 실험 I 군보다 규칙적이고, 선상 및 동심원상 형광대의 숫자와 크기가 적었으나, 대조군보다는 현저히 증가되어 있었다. 이는 Wolfe등⁷⁹⁾이 보고한, 기능적 자극이 골막에서의 골형성을 촉진시킨다는 내용과 일치하는 결과이다.

수질골 부위의 골소주에 나타나는 형광대도 대조군에 비하여 실험 I, II 군에서 더욱 불규칙적이고 복잡한 양상을 보였고, 실험 I 군에서는 조기에 기능을 가한 직후부터 골형성이 일어나는 것을 관찰할 수 있었으며, 골소주들이 임프란트 표면에 수직으로 주행하는 것을 관찰할 수 있었다(사진부도 23). 이에 대하여 Keller등³⁹⁾과 Roberts등⁶²⁾은 기능을 하는 동안 가해지는 자극으로 인하여 인접 협설측의 피질골, 수질골, 골소주로부터 새로운 골형성이 일어나 임

프란트를 둘러 싸며, 이로 인하여 피질골판의 두께와 골소주의 수가 증가하며, 기능에 저항하기 위하여 골소주가 최소의 부피로 최대의 강도를 갖도록 임프란트 표면에 수직 배열상으로 재배열되어 부착된다고 하였고, Storey⁶⁰⁾는 체내 골격은 기능이 변화하면 그 구조도 변화하며, 가해지는 외력에 대하여 가장 이상적인 형태를 유지하기 위하여 크기의 변화를 일으킨다고 하였다. 또한 수질골 부위의 골침착 정도가 피질골 부위에 비하여 현저히 적게 나타났으나, 부분적으로 치밀골이 피개된 것을 관찰할 수 있었으며(사진부도 10), 이는 Block등¹²⁾이 발표한, 수질골 부위가 피질골 부위에 비하여 골조직을 유지하는데 필요한 자극이 적으며, 계속적인 기능적 자극을 받는 경우에, woven bone이 대체되어 lamellar bone으로 된다고 한 보고와 일치되는 결과이다.

협측 대 설측의 골형성 정도는, 대조군의 경우 협측과 설측의 골개형의 차이를 관찰할 수 없었으나(사진부도 16), 실험 I 군과 실험 II 군에서는 협측보다 설측에서 골개형이 활발히 진행되는 것을 관찰할 수 있었으며(사진부도 21, 22), 이는 성견의 저작시에 교합압이 설측 방향으로 가해진다고 생각되는 바, 기능적 하중에 의한 자극이 골개형을 촉진시킨다는 또 하나의 증거라고 볼 수 있다.

전반적으로 실험 I 군에서는 5~7개의 선상 및 동심원을 갖는 2차 골원을 관찰할 수 있었는데, 이는 6주째에 기능을 가한 이후부터 투여한 약제들이 침착되어 형광을 나타내는 것으로 분석할 수 있었던 바, 임프란트 이식후 6주가 경과한 후에 기능을 가하여도 골유착을 방해하지 않고, 임프란트 주위의 골조직에 활발한 골개형이 일어나는 것을 알 수 있었으며, 실험 II 군에서는 12주째에 기능을 가한 이후부터 투여한 형광 약제에 의한 3~4개의 선상 및 동심원을 갖는 형광대가 주로 관찰되었는데, 이는 12주 이전에는 골형성이 서서히 진행되며 기능을 가한 12주 이후부터 골개형이 활발히 진행되는 증거라고 사료된다.

이상의 분석들을 토대로 성견의 경우 6주째부터는 기능적 하중을 가하여도 임프란트 주위의 골형성을 촉진시킬 수 있으며, 이는 Roberts등^{61, 62)}의 이론에 따라 성인의 경우 9~10주에 해당하므로 이 시기부터는 임프란트에 기능적 하중을 가하여도 무방하리라 사료되나, 개개인에 따라 교합력의 크기와 방향,

골조직의 양과 질, 골대사 능력, 기능적 자극에 대한 반응등이 다르며, 하중 분포 양상이 임프란트마다 다르므로, 보철치료의 시기를 결정하기 위하여는 보다 많은 연구가 필요하리라 사료된다.

V. 결 론

Titanium plasma spray coating된 titanium 임프란트를 성견의 하악 양측 제 3, 4 소구치 부위에 이식하여, 6주에 기능을 하도록 한 것을 실험 I 군, 12주에 기능을 하도록 한 것을 실험 II 군, 18주동안 기능을 하지 않은 것을 대조군으로 하였으며, 임프란트를 이식한 군과 비교하기 위하여 제 2 소구치 주위의 조직을 자연치아군으로 하여, 조기의 기능적 하중이 임프란트 주위의 골조직에 미치는 영향을 광학 현미경적, 주사전자 현미경적, 형광 현미경적으로 관찰하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 광학 현미경 및 주사전자 현미경적 소견에서, 임프란트를 이식한 대조군과 실험 I, II 군 모두 상피조직의 하방 이주는 관찰할 수 없었고, 골유착이 관찰되었으며, 그 정도는 수질골에 비하여 피질골이 더욱 현저하였다.
2. 형광 현미경적 소견에서, 임프란트를 이식한 군의 골조직이 자연치아 주위의 골조직에 비하여 형광을 나타내는 2차 골원의 숫자와 크기가 증가되어 있었다.
3. 형광 현미경적 소견에서, 임프란트를 이식한 모든 군의 임프란트 주위 골조직에 선상 및 동심원상의 형광대가 존재하였으며, 실험 I 군, 실험 II 군, 대조군의 순으로, 실험 I 군의 골형성 및 골개형이 가장 현저하였다.
4. 형광 현미경적 소견에서, 임프란트를 이식한 모든 군의 골내막부가 골외막부에 비하여 골형성이 더욱 현저하였다.
5. 형광 현미경적 소견에서, 실험 I 군과 실험 II 군의 협측에 비하여 설측에 선상 및 동심원상의 형광대가 많이 존재하였다.

이상의 결과를 토대로 조기의 기능적 하중이 골유착을 방해하지 않고 골형성을 촉진시킨다는 것을 확인할 수 있었으나, 이를 임상에서 조기 보철수술에 적용하기 위하여는 이에 대한 보다 장기적이고, 다각적인 연구가 필요하리라 사료되는 바이다.

참 고 문 헌

1. Adell, R., Lekholm, U., Rockler, B., and Brånemark, P.-I. : A 15-year study of osseointegrated implants in the treatment of the edentulous jaw, *Int. J. Oral Surg.*, 10 : 387-416, 1981.
2. Adell, R., Lekholm, U., Rockler, B., Brånemark, P.-I., Lindhe, J., Eriksson, B., and Sbordone, L. : Marginal tissue reactions at osseointegrated titanium fixtures. (I). A 3-year longitudinal prospective study, *Int. J. Oral Maxillofac. Surg.*, 15 : 39-52, 1986.
3. Albrektsson, T., Brånemark, P.-I., Hansson, H.-A., and Lindstrom, J. : Osseointegrated titanium implants. Requirements for ensuring a long-lasting, direct bone-to-implant anchorage in man, *Acta. Orthop. Scand.*, 52 : 155-170, 1981.
4. Albrektsson, T., Zarb, G. A., Worthington, P., and Eriksson A. R. : The long-term efficacy of currently used dental implants : A review and proposed criteria of success, *Int. J. Oral Maxillofac. Implants*, 1 : 11-25, 1986.
5. Albrektsson, T., and Jacobsson, M. : Bone-metal interface in osseointegration, *J. Prosthet. Dent.*, 57 : 597-607, 1987.
6. Anneroth, G., Hedström, K. G., Kjellman, O., Köndell, P.-Å., and Nordenram, Å. : Endosseous titanium implants in extraction sockets. An experimental study in monkeys, *Int. J. Oral Surg.*, 14 : 50-54, 1985.
7. Armitage, J. E., Natiella, J. R., Greene, G. W., Jr., and Meenaghan, M. A. : An evaluation of early bone changes after the insertion of metal endosseous implants into the jaws of rhesus monkeys, *OS. OM.&OP.*, 32 : 558-568, 1971.
8. Arnim, S. S., and Hagerman, D. A. : The connective tissue fibers of the marginal gingiva, *J. Am. Dent. Assoc.*, 47 : 271-281, 1953.
9. Arvidson, K., Bystedt, H., and Ericsson, I. : Histometric and ultrastructural studies of tissues surrounding Astra dental implants in

- dogs, *Int. J. Oral Maxillofac. Implants*, 5 : 127–134, 1990.
10. Babbush, C. A. : Endosseous blade-vent implants : a research review, *J. Oral Surg.*, 30 : 168–175, 1972.
 11. Babbush, C. A. : Titanium plasma spray screw implant system for reconstruction of the edentulous mandible, *Dent. Clin. North Am.*, 30 : 117–131, 1986.
 12. Block, M. S., Finger, I. M., Fontenot, M. G., and Kent, J. N. : Loaded hydroxylapatite-coated and grit-blasted titanium implants in dogs, *Int. J. Oral Maxillofac. Implants*, 4 : 219–225, 1989.
 13. Boyde, A., and Jones, S. J. : Bone modelling in the implantation bed, *J. Biomed. Mater. Res.*, 19 : 199–224, 1985.
 14. Brånemark, P.-I., Breine, U., Adell, R., Hansson, B. O., Lindström, J., and Ohlsson, Å. : Intra-osseous anchorage of dental prostheses, *Scand. J. Plast. Reconstr. Surg.*, 3 : 81–100, 1969.
 15. Brånemark, P.-I., Hansson, B.-O., Adell, R., Breine, U., Lindström, J., Hallén, O., and Öhman, A. : Osseointegrated implants in the treatment of the edentulous jaw. Experience from a 10-year period, *Scand. J. Plast. Reconstr. Surg.*, 11 : suppl. 16, 1977.
 16. Brånemark, P.-I., Zarb, G. A., and Albrektsson, T. : *Tissue-integrated prostheses : Osseointegration in clinical dentistry*, Chicago, Quintessence Publishing Co. Inc., 1985.
 17. Brunski, J. B., Moccia, A. F., Jr., Pollack, S. R., Korostoff, E., and Trachtenberg, D. I. : The influence of functional use of endosseous dental implants on the tissue-implant interface. I. Histological aspects, *J. Dent. Res.*, 58(10) : 1953–1969, 1979.
 18. Brunski, J. B. : Biomaterials and biomechanics in dental implant design, *Int. J. Oral Maxillofac. Implants*, 3 : 85–97, 1988.
 19. Buser, D., Warrar, K., Karring, T., and Stich, H. : Titanium implants with a true periodontal ligament : An alternative to osseointegrated implants ? *Int. J. Oral Maxillofac. Implants*, 5 : 113–116, 1990.
 20. Buser, D., Weber, H. P., and Brägger, U. : The treatment of partially edentulous patients with ITI hollow-screw implants : Presurgical evaluation and surgical procedures, *Int. J. Oral Maxillofac. Implants*, 5 : 165–174, 1990.
 21. Canalis, R. F., and Lechago, J. : Tetracycline bone labeling. An improved technique using incident fluorescence, *Ann. Otol.*, 91 : 160–162, 1982.
 22. Chamay, A., and Tschantz, P. : Mechanical influences in bone remodeling. Experimental research on Wolff's law, *J. Biomechanics*, 5 : 173–180, 1972.
 23. Chiroff, R. T., White, E. W., Weber, J. N., and Roy, D. M. : Tissue ingrowth of replamineform implants, *J. Biomed. Mater. Res. Symposium*, No.6 : 29–45, 1975.
 24. Clemow, A. J. T., Weinstein, A. M., Klawitter, J. J., Koeneman, J., and Anderson, J. : Interface mechanics of porous titanium implants, *J. Biomed. Mater. Res.*, 15 : 73–82, 1981.
 25. Cross, D. L., Baumhammers, A., Guarlotti, C. A., Ruskin, P. F., and Molinari, J. A. : Healed bone over and through three month old size-graded bladevent implants, *J. Periodontol.*, 45 (11) : 792–796, 1974.
 26. Deporter, D. A., Watson, P. A., Pilliar, R. M., Melcher, A. H., Winslow, J., Howley, T. P., Hansel, P., Maniopoulos, C., Rodriguez, A., Abdulla, D., Parisien, K., and Smith, D. C. : A histological assessment of the initial healing response adjacent to porous-surfaced, titanium alloy dental implants in dogs, *J. Dent. Res.*, 65(8) : 1064–1070, 1986.
 27. Ducheyne, P., de Meester, P., Aernoudt, E., Martens, M., and Mulier, J. C. : Influence of a functional dynamic loading on bone ingrowth into surface pores of orthopedic implants

- J. Biomed. Mater. Res., 11 : 811–838, 1977.
28. Frost, H. M., Villanueva, B. A., Roth, H., and Stanisavljevic, S. : Tetracycline bone labeling, *J. New Drugs*, 1 : 206–216, 1961.
 29. Frost, H. M. : Tetracycline-based histological analysis of bone remodeling, *Calc. Tiss. Res.*, 3 : 211–237, 1969.
 30. Gargiulo, A. W., Wentz, F. M., and Orban, B. : Dimensions and relations of the Dentogingival junction in humans : *J. Periodontol.*, 32 : 261–267, 1961.
 31. Hansson, H.-A., Albrektsson, T., and Bråne-mark, P.-I. : Structural aspects of the interface between tissue and titanium implants, *J. Prosthet. Dent.*, 50 : 108–113, 1983.
 32. Jaworski, Z. F., and Lok, E. : The rate of osteoclastic bone erosion in Harversian remodeling sites of adult dog's rib, *Calc. Tiss. Res.*, 10 : 103–112, 1972.
 33. Jaworski, Z. F. G. : Physiology and pathology of bone remodeling. Cellular basis of bone structure in health and in osteoporosis, *Orthop. Clin. North Am.*, 12 : 485–512, 1981.
 34. Johansson, C., and Albrektsson, T. : Integration of screw implants in the rabbit : A 1-yr follow-up of removal torque of titanium implants, *Int. J. Oral Maxillofac. Implants*, 2 : 69–75, 1987.
 35. Kålebo, P., Buch, F., and Albrektsson, T. : Bone formation rate in osseointegrated titanium implants, *Scand. J. Plast. Reconstr. Surg.*, 22 : 53–60, 1988.
 36. Kahn, A. J., and Partridge, N. C. : New concepts in bone remodeling : An expanding role for the osteoblast, *Am. J. Otolaryngol.*, 8 : 258–264, 1987.
 37. Karagianes, M. T., Westerman, R. E., Rasmussen, J. J., and Lodmell, A. M. : Development and evaluation of porous dental implants in miniature swine, *J. Dent. Res.*, 55(1) : 85–93, 1976.
 38. Kasemo, B. : Biocompatibility of titanium implants : Surface science aspects, *J. Prosthet. Dent.* 49 : 832–837, 1983.
 39. Keller, J. C., Young, F. A., and Natiella, J. R. : Quantitative bone remodelling resulting from the use of porous dental implants, *J. Biomed. Mater. Res.*, 21 : 305–319, 1987.
 40. Keller, J. C., Young, F. A., and Trancik, T. M. : A simplified model for studying bone ingrowth, *Int. J. Oral Maxillofac. Implants*, 2 : 149–152, 1987.
 41. Kessel, R. G., and Kardon, R. H. : Tissues and organs. A text-atlas of scanning electron microscopy, San Francisco, W. H. Freeman and Company, 1979.
 42. Kydd, W. L., and Daly, C. H. : Bone-titanium implant response to mechanical stress, *J. Prosthet. Dent.*, 35(5) : 567–571, 1976.
 43. Lavelle, C., Wedgwood, D., and Riess, G. : A new implant philosophy, *J. Prosthet. Dent.*, 43 : 71–77, 1980.
 44. Lekholm, U., Ericsson, I., Adell, R., and Slots, J. : The condition of the soft tissues at tooth and fixture abutments supporting fixed bridges. A microbiological and histological study, *J. Clin. Periodontol.*, 13 : 558–562, 1986.
 45. Lekholm, U., Adell, R., Lindhe, J., Brånemark, P.-I., Eriksson, B., Rockler, B., Lindvall, A.-M., and Yoneyama, T. : Marginal tissue reactions at osseointegrated titanium fixtures.(II). A cross-sectional retrospective study, *Int. J. Oral Maxillofac. Surg.*, 15 : 53–61, 1986.
 46. Lember, E., Galante, J., and Rostoker, W. : Fixation of skeletal replacement by fiber metal composites, *Clin. Orthop. Rel. Res.*, 87 : 303–310, 1972.
 47. Linkow, L. I. : Endosseous blade-vent implants : A two-year report, *J. Prosthet. Dent.*, 23 : 441–448, 1970.
 48. Listgarten, M. A. : Electron microscopic study of the gingivo-dental junction of man, *Am. J. Anat.*, 119 : 147–178, 1966.
 49. Listgarten, M. A. : Phase-contrast and electron

- microscopic study of the junction between reduced enamel epithelium and enamel in unerupted human teeth, *Archs. Oral Biol.*, 11 : 999-1016, 1966.
50. Lüthy, H., Strub, J. R., and Schärer, P. : Analysis of plasma flame-sprayed coatings on endosseous oral titanium implants exfoliated in man : Preliminary results, *Int. J. Oral Maxillofac. Implants*, 2 : 197-202, 1987.
 51. Maniopoulos, C., Rodriguez, A., Deporter, D. A., and Melcher, A. H. : An improved method for preparing histological sections of metallic implants, *Int. J. Oral Maxillofac. Implants*, 1 : 31-37, 1986.
 52. Maniopoulos, C., Pilliar, R. M., and Smith D. C. : Threaded versus porous-surfaced designs for implant stabilization in bone-endodontic implant model, *J. Biomed. Mater. Res.*, 20 : 1309-1333, 1986.
 53. Meffert, R. M. : The soft tissue interface in dental implantology, *J. Dent. Education*, 52 : 810-811, 1988.
 54. Melcher, A. H., and Accursi, G. E. : Osteogenic capacity of periosteal and osteoperiosteal flaps elevated from the parietal bone of the rat, *Arch. Oral Biol.*, 16 : 573-580, 1971.
 55. Melcher, A. H. : Summary of biological considerations, *J. Dent. Education*, 52 : 812-814, 1988.
 56. Moss, R. W. : Histopathologic reaction of bone to surgical cutting, *OS. OM. & OP.*, 17 : 405-414, 1964.
 57. Natiella, J. R., Armitage, J. E., Meenaghan, M. A., Lipani, C. S., and Greene, G. W., Jr. : The failing blade-vent implant, *OS. OM. & OP.*, 36 : 336-342, 1973.
 58. Olerud, S., and Lorenzi, G. L. : Triple fluorochrome labeling in bone formation and bone resorption, *J. Bone Joint Surg.*, 52A : 274-278, 1970.
 59. Piliero, S. J., Schnitman, P., Pentel, L., Cranin, A. N., and Dennison, T. A. : Histopathology of oral endosteal metallic implants in dogs, *J. Dent. Res.*, 52(5) : 1117-1127, 1973.
 60. Pilliar, R. M., Cameron, H. U., Welsh, R. P., and Binnington, A. G. : Radiographic and morphologic studies of load-bearing porous-surfaced structured implants, *Clin. Orthop. Rel. Res.*, 156 : 249-257, 1981.
 61. Roberts, W. E., Smith, R. K., Zilberman, Y., Mozsary, P. G., and Smith, R. S. : Osseous adaptation to continuous loading of rigid endosseous implants, *Am. J. Orthod.*, 86 : 95-111, 1984.
 62. Roberts, W. E., Turley, P. K., Brezniak, N., and Fielder, P. J. : Bone physiology and metabolism, *CDA journal*, 54-61, 1987.
 63. Roberts, W. E. : Bone tissue interface, *J. Dent. Education*, 52 : 804-809, 1988.
 64. Schroeder, A., Sutter, F., and Krekeler, G. : *Oral implantology. Basic-ITI hollow cylinder*, New York, Thieme Medical Publishers, Inc., 1991.
 65. Schroeder, A., van der Zypen, E., Stich, H., and Sutter, F. : The reactions of bone, connective tissue, and epithelium to endosteal implants with titanium-sprayed surfaces, *J. Maxillofac. Surg.*, 9 : 15-25, 1981.
 66. Seymour, G. J., Gemmell, E., Lenz, L. J., Henry, P., Bower, R., and Yamazaki, K. : Immunohistologic analysis of the inflammatory infiltrates associated with osseointegrated implants, *Int. J. Oral Maxillofac. Implants*, 4 : 191-198, 1989.
 67. Smith, D. C. : Biomaterials in dentistry, *J. Dent. Res.*, 54B : 145-152, 1975.
 68. Solheim, T. : Pluricolor fluorescent labeling of mineralizing tissue, *Scand. J. Dent. Res.*, 82 : 19-27, 1974.
 69. Storey, E. : Growth and remodeling of bone and bones. Role of genetics and function, *Dent. Clin. North Am.*, 19 : 443-455, 1975.
 70. Sutter, F., Schroeder, A., and Buser, D. A. : The new concept of ITI hollow-cylinder and hollow-screw implants : Part 1. Engineering

- and design, *Int. J. Oral Maxillofac. Implants*, 3 : 161–172, 1988.
71. Todescan, R., Pilliar, R. M., and Melcher, A. H. : A small animal model for investigating endosseous dental implants : Effect of graft materials on healing of endosseous, porous-surfaced implants placed in a fresh extraction socket, *Int. J. Oral Maxillofac. Implants*, 2 : 217–223, 1987.
 72. Tonna, E. A. : Skeletal cell aging and its effects on the osteogenetic potential, *Clin. Orthop. Rel. Res.*, 40 : 57–81, 1965.
 73. Tracy, B. M., and Doremus, R. H. : Direct electron microscopy studies of the bone-hydroxylapatite interface, *J. Biomed. Mater. Res.*, 18 : 719–726, 1984.
 74. Uddströmer, L. : The osteogenic capacity of tubular and membranous bone periosteum. A qualitative and quantitative experimental study in growing rabbits, *Scand. J. Plast. Reconstr. Surg.*, 12 : 195–205, 1978.
 75. Uhthoff, H. K. : Mechanical factors influencing the holding power of screws in compact bone, *J. Bone Joing Surg.*, 55B : 633–639, 1973.
 76. Villanueva, A. R., and Lundin, K. D. : A versatile new mineralized bone stain for simultaneous assessment of tetracycline and osteoid seams, *Stain Technol.*, 64 : 129–138, 1989.
 77. Weiss, L. : *Cell and tissue biology*, 6th ed., Baltimore, Urban & Schwarzenberg Inc., 1988.
 78. Weiss, M. B., and Rostoker, W. : Development of a new endosseous dental implant, Part I : Animal studies, *J. Prosthet. Dent.*, 46 : 646–651, 1981.
 79. Wolfe, L. A., and Hobkirk, J. A. : Bone response to a matched modulus endosseous implant material, *Int. J. Oral Maxillofac. Implants*, 4 : 311–320, 1989.
 80. Young, F. A., Kresch, C. H., and Spector, M. : Porous titanium tooth roots : Clinical evaluation, *J. Prosthet. Dent.*, 41 : 561–565, 1979.
 81. Young, F. A., Spector, M., and Kresch, C. H. : Porous titanium endosseous dental implants in rhesus monkeys : Microradiography and histological evaluation, *J. Biomed. Mater. Res.*, 13 : 843–856, 1979.

논문 사진부도 설명

<광학 현미경적 소견>

Cb : 피질골, CEJ : 법랑-백악질 연결부, CT : 결합조직, JEp : 접합상피, MS : 골수강,

Ob : 조골세포, PDL : 치주 인대, SEp : 열구상피, Tb : 골소주, Ti : 임프란트

사진부도 1. 임프란트를 이식한 시편의 저배율 소견(× 1).

사진부도 2. 자연치아군(× 10).

사진부도 3. 대조군. 상피조직의 하방 이주는 관찰되지 않는다(× 10).

사진부도 4. 대조군. 골조직이 임프란트 표면에 긴밀히 부착되어 있는 것을 관찰할 수 있다(× 25).

사진부도 5. 대조군. 수질골 부위에서 임프란트쪽으로 골형성을 관찰할 수 있다(× 5).

사진부도 6. 실험 I 군. 골소주가 임프란트 표면에 수직으로 부착되는 것이 관찰된다(× 10).

<주사전자 현미경적 소견>

Cb : 피질골, CTf : 결합조직 섬유, Tb : 골소주, Ti : 임프란트

사진부도 7. 대조군. 임프란트 표면과 평행하게 주행하는 결합조직 섬유가 관찰된다(× 750).

사진부도 8. 대조군. 피질골이 임프란트 표면에 긴밀히 부착되는 것이 관찰된다(× 2000).

사진부도 9. 대조군. 골소주들이 임프란트 표면에 부착되는 것이 관찰된다(× 500).

사진부도 10. 실험 I 군. 임프란트 표면에 치밀골이 피개되는 것이 관찰된다(× 1000).

<형광 현미경적 소견>

B : 협측, Cb : 피질골, CT : 결합조직, H : Haversian system, L : 설측,

MS : 골수강, PDL : 치주인대, Tb : 골소주, Ti : 임프란트

사진부도 11. 자연치아군. 골외막 하부에 간격이 좁고 가느다란 형광대가 관찰된다(× 50).

사진부도 12. 자연치아군. 피질골 부위에 희미한 동심원상 형광대가 관찰된다(× 50).

사진부도 13. 대조군. 자연치아군보다 간격이 넓은 선상 형광대가 관찰된다(× 50).

사진부도 14. 대조군. 골외막 하부의 일부분에서 선상 형광대가 끊어진 것이 관찰된다(× 50).

사진부도 15. 대조군. 자연치아군보다 크고 많은 동심원상 형광대가 관찰된다(× 50).

사진부도 16. 대조군. 협측과 설측이 유사한 양상을 보인다(× 50).

사진부도 17. 대조군. 골내막 하부에 선상 형광대가 관찰된다(× 50).

사진부도 18. 대조군. 골소주 내에 규칙적인 선상 형광대가 관찰된다(× 50).

사진부도 19. 실험 I 군. 골외막 하부에 간격이 매우 넓고, 명확한 형광대가 관찰된다(× 50).

사진부도 20. 실험 I 군. 골내막 하부에 간격이 넓은 선상 형광대가 관찰된다(× 50).

사진부도 21. 실험 I 군. 피질골 부위 협측에 규칙적인 형태의 형광대가 관찰된다(× 50).

사진부도 22. 실험 I 군. 피질골 부위 설측에 불규칙하고 복잡한 형광대가 관찰된다(× 50).

사진부도 23. 실험 I 군. 골소주가 임프란트 표면에 거의 수직으로 부착된다(× 50).

사진부도 24. 실험 II 군. 골외막 하부에 간격이 매우 넓고 명확한 형광대가 관찰된다(× 50).

사진부도 25. 실험 II 군. 골내막 하부에 간격이 넓은 선상 형광대가 관찰된다(× 50).

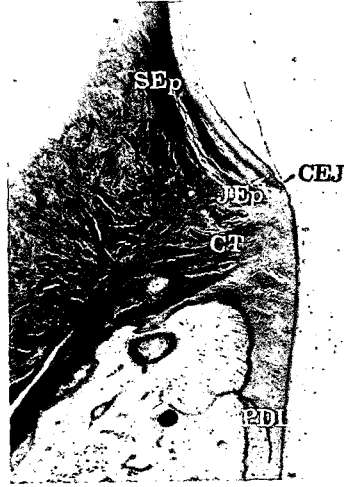
사진부도 26. 실험 II 군. 피질골 부위에 3~4줄의 형광대가 관찰된다(× 50).

사진부도 27. 실험 II 군. 골소주가 임프란트 표면에 거의 수직으로 부착되는 것이 관찰된다(× 50)

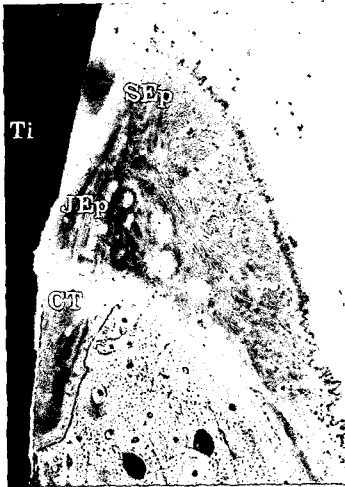
논문 사진부도 ①



사진부도 1.



사진부도 2.



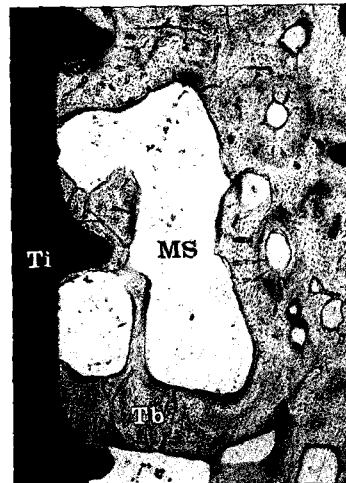
사진부도 3.



사진부도 4.

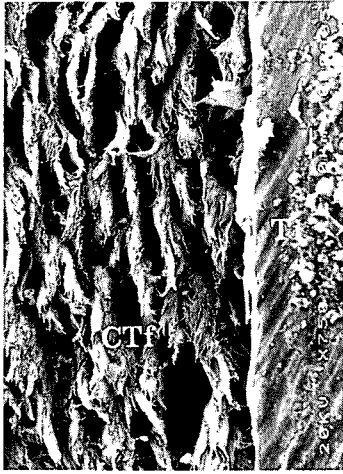


사진부도 5.

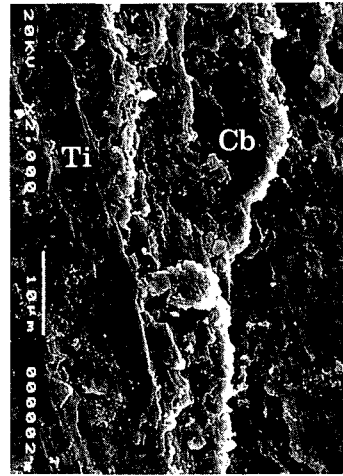


사진부도 6.

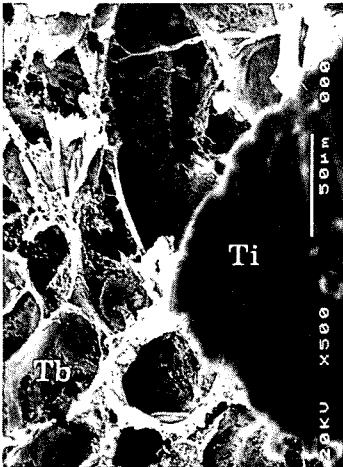
논문 사진부도 ②



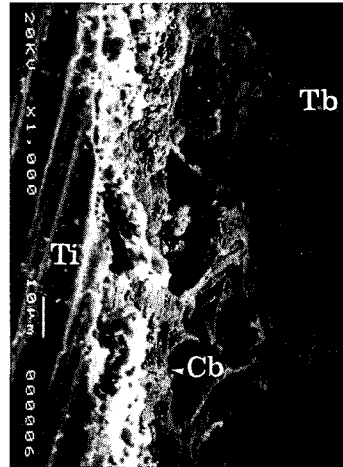
사진부도 7.



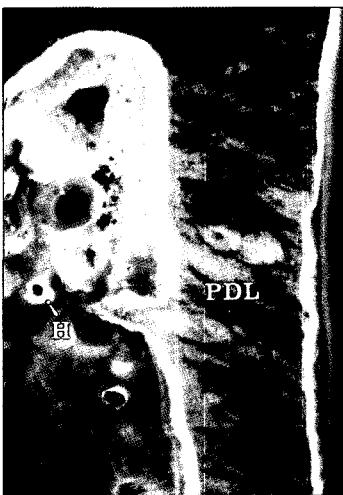
사진부도 8.



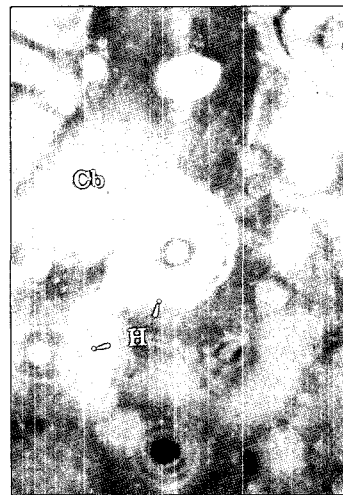
사진부도 9.



사진부도 10.



사진부도 11.



사진부도 12.

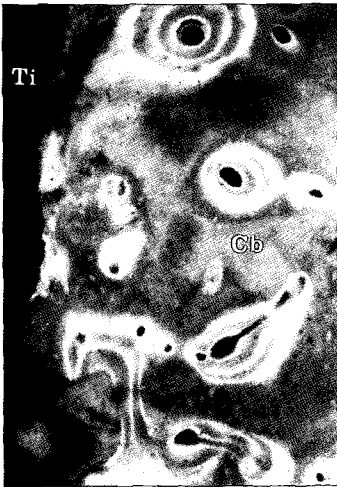
논문 사진부도 ③



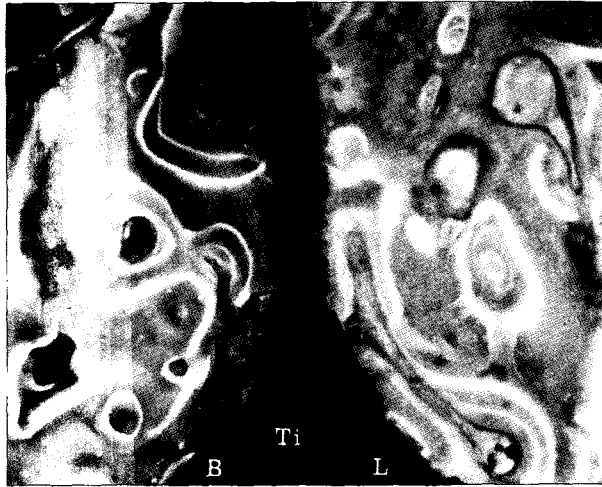
사진부도 13.



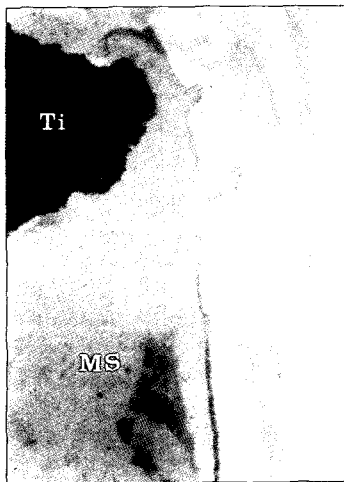
사진부도 14.



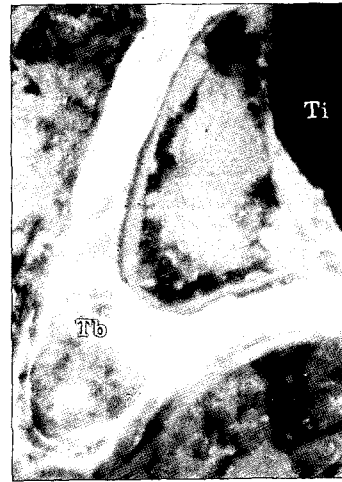
사진부도 15.



사진부도 16.

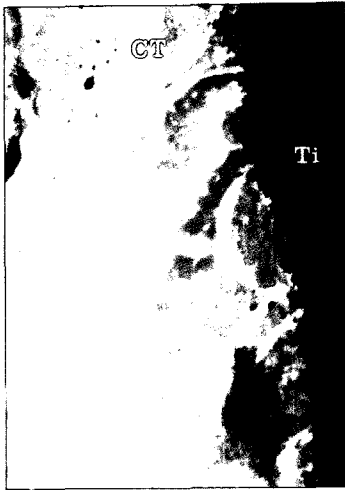


사진부도 17.

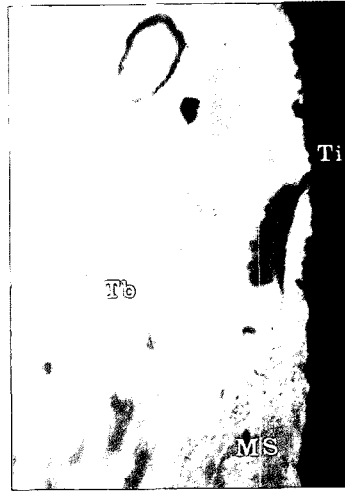


사진부도 18.

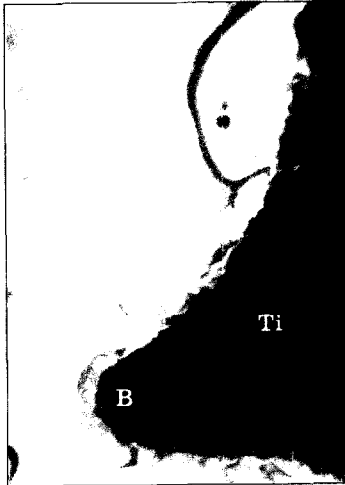
논문 사진부도 ④



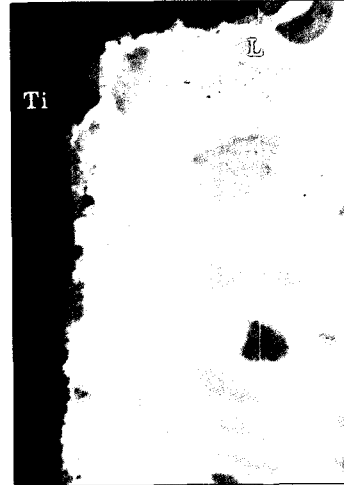
사진부도 19.



사진부도 20.



사진부도 21.



사진부도 22.



사진부도 23.

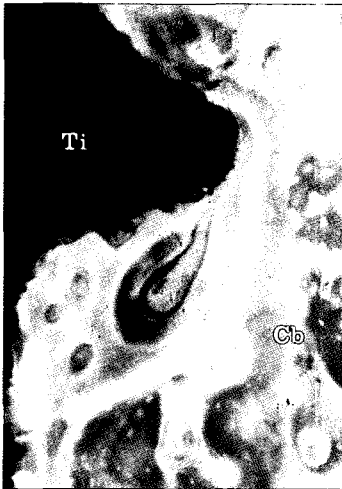
논문 사진부도 ⑤



사진부도 24.



사진부도 25.



사진부도 26.



사진부도 27.

INFLUENCE OF A FUNCTIONAL LOADING TIME ON BONE FORMATION AROUND OSSEOINTEGRATED TITANIUM IMPLANTS IN ADULT DOGS

Ja - Ho Yang, D. D. S., Ho -Yong Lee, D. D. S., M. S. D., Ph. D.

Department of Prosthodontics, College of Dentistry, Yonsei University

The purpose of this study was to investigate the influence of early functional load around osseointegrated titanium implants. 24 titanium plasma spray coated implants (ITI HS-type) were placed into the previously extracted site in the mandible of six adult dogs. The implants were divided into three groups : the control group was the implants without abutment during the experimental period; the experimental group I was loaded by connecting the contoured abutment after 6 weeks of healing; the experimental group II was loaded after 12 weeks of healing; and the mandibular second premolar and surrounding tissues were selected for natural tooth group to compare the implanted group. All dogs were injected intravenously tetracycline, alizarin red S, and calcein for bone labeling. After the experimental period of 18 weeks, the dogs were sacrificed and longitudinal sections of the bone-implant interface were cut and observed using light microscope, scanning electron microscope, and fluorescence microscope.

The results of the study were as follows:

1. Light and scanning electron microscopically, all implant surfaces were well contact with bone tissue at the cortical layer, but some areas of cancellous bone were not contact directly.
2. Fluorescence microscopically, number and size of the new secondary osteons around the implant were increased than those of the natural tooth.
3. Fluorescence microscopically, linear and concentric fluorescence was observed at or near the surface of all implants, and the bone formation and remodeling of the implants loaded after 6 week of healing were great, and unloaded implants were worst.
4. Fluorescence microscopically, endosteal bone formation was greater than periosteal bone formation at or near the implants.
5. Fluorescence microscopically, number and size of linear and concentric fluorescence was increased at the lingual side than the buccal side of the loaded implants.

The result of the study indicate the possibility of the early load to the implant via a prosthesis.