

개방형과 폐쇄형 임플란트 매식후 주위골 형성에 관한 실험적 연구

서울대학교 치과대학 치과보철학교실

김정호 · 양재호 · 정현영 · 이선형

I. 서 론

최근의 치과용 임플란트는 악골과 직접 혹은 긴밀히 접촉하는 골유착성 임플란트가 선호되고 있다. 골유착을 이루기 위한 요소로는 재료의 생체적합성¹⁹⁾, 임플란트가 매식될 조직의 상태^{22,45)}, 외과적 치료술식^{3,74)}, 그리고 임플란트에 대한 하중⁶⁴⁾ 등이 있다.

Brånemark^{15,17)} 등은 초기 치유기간에 임플란트 하중이 가해지지 않는 환경을 마련하고 상피의 하방성장과 감염을 방지하기 위하여 조직의 방어기능이 회복될 때까지 점막하에 임플란트가 매식되는 것이 필요하다고 하였다.

Johansson과 Albrektsson⁴⁰⁾은 토끼의 경골에 실험적 titanium 임플란트를 매식하여 보았는데, 임플란트 매식 3-4주후에는 모든 임플란트가 연조직으로 둘러싸여 있었으나 시간이 지남에 따라 경계부에서 점점 골이 형성되어 1년후에는 평균 90% 이상 골접촉을 이루었다고 하였다. 그리하여 임플란트 경계부의 치유조직이 연조직이 아닌 골로 치유되기 위해서는 매식후 3-6개월의 치유기간동안 임플란트의 동요가 없도록 하중이 가해지지 않아야 한다고 하였다.

최근 전세계적으로 수십종의 임플란트가 있으나, Brånemark에 의한 골유착 개념이 도입된 후 점차 2단계 수술과정이 보편화되고 있으며

blade-type의 임플란트에서도 두단계 수술이 행해지고 있다³⁶⁾.

임플란트를 분류하는데에는 여러가지 방법이 있겠으나, 그중 한가지로 개방형(open system)과 폐쇄형(closed system) 임플란트로 구별할 수 있다⁵⁸⁾. 개방형 임플란트란 매식체가 골표면에서 대략 3mm 정도 돌출되도록 매식하고 판막(mucoepiosteal flap)은 매식체위로 봉합하지 않고 매식체의 경부 주위로 긴밀하게 적합시켜서 매식 직후부터 구강내로 노출시키는 것으로 한단계 시술(one-stage procedure)로 끝나게 된다. 폐쇄형 임플란트는 매식체를 판막으로 완전히 덮고 봉합하여 3-6개월의 치유기간을 거친후에 2차수술을 행하여 구강내에 노출시키는 것으로서 두단계 시술(two-stage procedure)이 필요하다.

두단계 시술을 할 경우에 환자는 한단계 시술로 할 경우보다 추가적인 수술을 받아야 하는 불편이 있고 이에 따른 골흡수의 가능성이 있다³¹⁾. 또한 fixture와 상부구조와의 연결부가 치은연하에 위치되어 치태축적의 소지가 있고 연결작업시에 시야가 좋지않아 완전히 적합되지 않을 수도 있다²²⁾. 이와같은 불편과 단점을 해소하면서 한단계 시술로도 성공적인 골유착을 얻을 수 있다면 이것이 바람직할 것이다.

ITI 임플란트는 한단계 시술을 하도록 되어 있으며 수술 직후부터 구강내에 노출되는 특징을 가지고 있으면서도 성공적인 골유착을 얻을 수 있다는 많은 연구가 있었다^{21,23,24,62}. Albrektsson등⁸⁾은 ITI 임플란트의 경우 비록 Brånemark system처럼 장기적인 보고는 없지만 단기적으로 보아서 성공기준에 부합된다고 하였다. 또한 Mckinney등⁵¹⁾은 한단계 시술을 하는 single-crystal sapphire 임플란트에서도 긴밀한 골접촉을 얻을 수 있다고 하였다. Schnitman등⁵⁷⁾은 Brånemark 임플란트를 31개는 골내에 그대로 두고 22개는 즉시 기능시켰는데, 5년 뒤의 실패율에 있어서 큰 차이가 없었다고 발표하였다. 그렇다면 Brånemark 임플란트와 같이 두단계 시술을 하는 폐쇄형 임플란트들을 개방형으로 매식하여도 비슷한 결과를 얻을 수 있는 지 연구할 필요가 있겠으며, 또한 한단계 시술을 하는 ITI 임플란트가 폐쇄형으로 매식되었을 때 어떤 결과가 나오는지 비교 연구할 필요가 있겠다.

본 연구에서는 임플란트가 매식되어 점막하에 치유과정을 거치는 폐쇄형 임플란트와 점막외부로 노출되어 치유과정을 거치는 개방형 임플란트의 초기 골형성과 골개조를 비교연구하기 위하여 성견의 하악골에 두종류의 임플란트를 각각 개방형과 폐쇄형으로 매식하고 3개월 후에 실험동물을 희생시켜 임상적, 방사선학적, 광학현미경 및 형광현미경적 소견을 관찰하여 다소의 지견을 얻었기에 보고하는 바이다.

II. 실험재료 및 방법

가) 실험재료

체중 15kg 정도의 성견 4마리를 실험대상으로 하였으며 임플란트는 ITI hollow-screw (내경 3.5mm, 외경 4.1mm, 길이 8mm, Straumann Institute, CH- 4437 Waldenburg, Switzerland) 8개와 Brånemark fixture (외경 3.75mm, 길이 7mm, Nobelpharma AB, Göteborg, Sweden) 8개, 그리고 healing abutment (길이 4mm)는 4개

를 사용하였다.

나) 실험방법

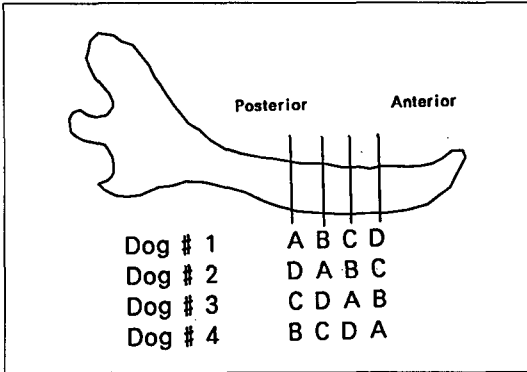
1. 실험견의 발치

실험견의 요측 피정맥 (cephalic vein)에 체중 1kg당 20-25mg의 Pentothal sodium을 정맥주사하여 전신마취를 시킨후 2% Lidocaine HCl로 국소마취를 하고 하악 우측 견치 후방의 소구치와 대구치를 모두 발거하여 봉합하였다. 이후 5개월간의 치유기간을 부여하여 무치악 치조제를 형성하였다.

2. 임플란트의 매식

실험견 4마리를 상기한 방법으로 마취시키고 하악골 무치악 부위의 치조정을 외과용 수술도로 절개하고 판막을 찢어서 골면을 노출시킨 후에 각각의 무치악 치조제에 4개의 임플란트를 대략 10mm 정도의 간격으로 매식하였다. 실험은 총 4군으로 나누어 시행하였는데, ITI hollow-screw 8개를 A,B 두군으로 나누어, A군은 제조회사의 지시대로 매식체의 상부가 점막위 구강내로 노출되는 개방형으로 4개를 매식하고 titanium healing cap을 부착하였으며, B군은 매식체의 상부가 점막에 피개되도록하는 폐쇄형으로 4개를 매식하고 porcelain healing cap을 부착한 후에 3-0 봉합사로 봉합하였다.

또한 Brånemark 임플란트 8개도 C,D 두군으로 나누어, C군은 제조회사의 지시대로 fixture 매식후 점막으로 덮는 폐쇄형으로 4개를 매식하였고, D군은 임플란트 매식후에 바로 healing abutment를 연결하여 점막위 구강내로 노출시키는 개방형으로 4개를 매식하였다(Fig.2,3,4,5). 실험견에 임플란트를 모두 매식한 후에는 하악을 폐구시켜서 상악 대합치와 교합되지 않는 것을 확인하였다. 그리하여 각각의 실험견에게는 ABCD군 1개씩의 매식체를 Fig. 1과 같은 순서로 위치를 바꾸어가며 매식하였다.



- A : ITI HS - open system
- B : ITI HS - closed system
- C : Brånemark - closed system
- D : Brånemark - open system

Fig. 1. Each implant was installed changing its position.



Fig. 3. After bed preparation of ITI implant, bone cores were shown.

3. 형광약제의 투여

골조직이 형성되는 시기와 위치를 형광현미경 상에서 시각적으로 관찰하기 위하여 3가지의 형광약제를 실험동물에 투여하였는데, 임플란트 매식 수술시에 녹색 형광을 나타내는 Calcein (Sigma Co., U.S.A.)을, 2주후에는 밝은 황색 형광을 나타내는 Oxytetracycline hydrochloride (Terramycin, Pfizer Co., Korea)를, 4주후에는

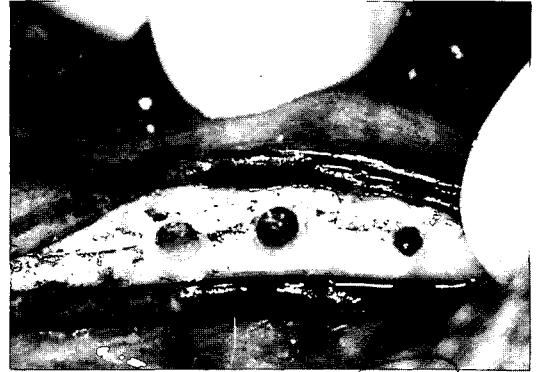


Fig. 2. After bone tapping for Brånemark fixture.

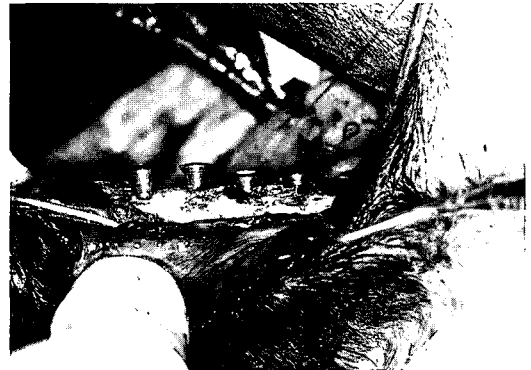


Fig. 4. Four different group implants were installed on the mandible of an experimental animal.



Fig. 5. Two implants were submerged and other two implants were nonsubmerged.

다시 Calcein을, 6주 후에는 Oxytetracycline hydrochloride를 4마리 성견에 kg당 20mg씩 정맥 주사하였고 마지막으로 실험동물을 희생시키기 1주일전에 Alizarin Red S (Junsei Chemical Co., Japan)를 kg당 20mg씩 정맥주사하였다(Fig. 6).

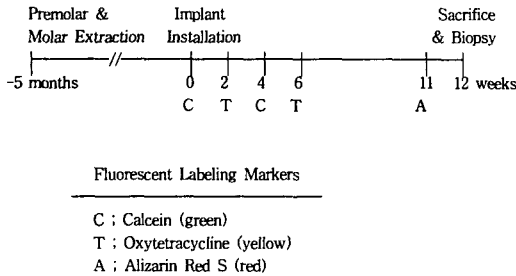


Fig. 6. Time sequence of the experiment and administration of fluorescent labeling markers.

4. 실험동물의 희생과 조직표본의 제작

임플란트 매식 12주 경과후 실험동물들을 희생시켜서 각각의 임플란트와 주위조직을 block section하고 바로 70%에타놀에 3일간 고정시켰다. 실험동물의 희생시 형광현미경 관찰을 위하여 formalin으로 관류고정시키지 않았다. 고정된 표본은 1일간 수세하였으며 Villanueva염색액에 3일간 침적하였다. 4°C에서 에타놀 농도를 70%에서 100%까지 상승시키며 탈수하였고 마지막에는 아세톤으로 탈수하였다. 탈수후에 실은 진공상태에서 Spurr에 포매하여 70°C로 경화시켰다. 포매된 표본은 경조직 절단기인 Low Speed Diamond Wheel Saw (Model 650, South Bay Tech. Inc. U.S.A.)를 이용하여 750µm의 두께로 협설방향으로 절단하고, Grinder-Polisher (Buehler, metaserv, 100 REV/MIN)에서 40µm 두께까지 연마하였다. 이 절편을 polymer mount를 이용하여 glass slide에 봉입하고 광학 현미경(Olympus)과 형광 현미경(Vickers)으로 관찰하였다.

III. 실험결과

가) 육안적 소견 및 방사선학적 소견

개방형으로 매식한 ITI HS 1개는 탈락하였고, 폐쇄형으로 매식한 ITI HS 3개와 Brånemark fixture 1개는 부분적으로 cover screw의 노출이 있었다. 개방형 Brånemark fixture에 연결된 healing abutment 중 한개는 탈락되었다. 구강내로 노출된 부위에는 치태침착이 되어 있었으며 일부 임플란트 주변 치은에는 둥근형태의 적색 부종이 관찰되었다(Fig. 7). 노출된 폐쇄형 ITI HS 1개는 동요도를 보였으나 그외의 매식체는 동요도를 보이지 않았다.

방사선학적 소견으로 볼때, Brånemark 임플란트에서는 healing abutment를 연결하여 개방형으로 시술한 것중 1개만이 변연골 흡수를 보였으나 다른 Brånemark 임플란트에서는 개방형과 폐쇄형 모두 방사선 투과상을 보이지 않았다. ITI 임플란트에서는 개방형과 폐쇄형 1개씩 변연골 흡수 소견을 보였으며 동요도를 보인 다른 폐쇄형 ITI 임플란트 1개는 골과 임플란트 경계부에 전반적인 방사선 투과상을 보였다(Table 1, Fig. 8).



Fig. 7. Some open implants were surrounded by inflamed gingival tissues.

Table 1. Radiographic findings (Number of implant)

Group	No radiolucency	Marginal bone loss	Radiolucency
A	2	1	exfoliated
B	2	1	1
C	4	0	0
D	3	1	0

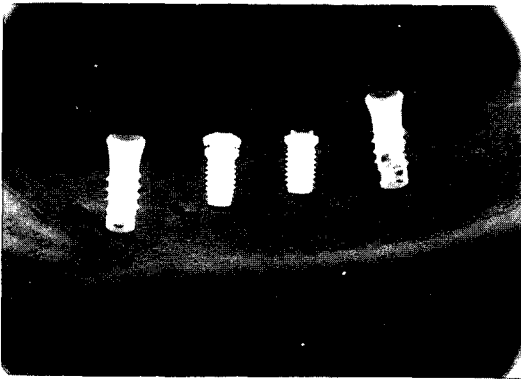


Fig. 8. Radiographic view of the mandible of a dog.

나) 광학 현미경적 소견

1. A 군 (개방형 ITI HS)

ITI HS 경부의 plasma spray가 시작되는 곳까지 골형성이 높게 잘 되어 있는 것도 있었으나 대개 약간의 변연골 흡수를 관찰할 수 있었으며 1개의 개방형 ITI 임플란트에서는 매식체의 중간부위까지 변연골 흡수가 일어났다. ITI HS 외측 피질골에 매식된 부위는 치밀골이 형성되어 있었으며, bone core가 있는 내부와 천공(perforation)이 있는 부위 그리고 하부에서는 골소주 양상을 보이며 골형성이 진행중임을 관찰할 수 있었다.

상피조직의 하방이주는 관찰되지 않았으며 임플란트 경부에서 임플란트 표면에 수직으로 주행하는 결체조직의 섬유가 일부 발견되었다. 변연골 흡수가 심한 매식체에서는 경부에서 염증

세포의 침윤을 관찰할 수 있었다(Fig. 13-15).

2. B 군 (폐쇄형 ITI HS)

점막에 완전히 피개되어 있었던 ITI HS는 경부까지 치밀골로 골형성이 잘 되어 있었고, bone core부위와 천공이 있는 부위 그리고 하부에는 일부 Haversian system을 갖는 해면골이 관찰되었다. 매식체의 상부에는 수평으로 주행하는 두꺼운 띠모양의 섬유성 피막(fibrous capsule)이 매식체를 덮고 있었으며, 그 밑에 매식체의 경부에는 매식체 표면에 수직으로 주행하는 섬유조직이 발견되었다.

점막의 천공으로 구강내에 노출된 ITI HS중 한개는 치경부로부터 염증세포의 침윤이 있었고 매식체에 평행하게 주행하는 섬유조직이 관찰되었으며 변연골의 흡수도 일어났다. 하지만 그 하부에는 치밀골이 형성되어 있었으며 bone core부위도 상부에 약간의 섬유조직을 제외하고는 골형성이 잘 되어 있었다. 구강내에 노출된 것중에 동요도를 보인 ITI HS는 매식체의 하부까지 이행되는 섬유성 피막과 염증세포의 침윤이 설측에서 관찰되었으며, bone core 내부에서도 골조직 주변으로 염증세포와 섬유조직이 관찰되었다(Fig. 9-12).

3. C 군 (폐쇄형 Brånemark 임플란트)

네개의 폐쇄형 Brånemark 임플란트는 모두 변연골 흡수없이 골형성이 잘 되어 있었으며, 특히 임플란트 외측에 thread가 있는 부위는 Haversian system이 잘 발달된 치밀골로 골유착을 이루었다. 임플란트의 하부에 해면골에 매식된 부위는 골수조직(bone marrow)이 많이 관찰되었으나 연조직의 개재는 관찰되지 않았다. 점막이 부분적으로 천공되어 있는 임플란트에서는 천공된 부위에 약간의 염증세포 침윤이 있었으나 변연골의 흡수나 상피조직의 하방이주는 관찰되지 않았고 오히려 cover screw 부위까지 골이 증식되어 올라간 소견을 보였다(Fig. 16-20).

4. D 군 (개방형 Brånemark 임플란트)

Brånemark fixture 매식 직후 healing abutment를 장착하여 점막 상부로 구강내에 노출시

킨 개방형 Brånemark 임플란트 네개중 한개는 변연골 흡수양상을 보였으며 치은 상부에서 약간의 염증세포의 침윤을 보였다. 그러나 나머지 세개의 매식체에서는 치은 상부에서 염증소견을 보였으나, 그 하부에서는 상피의 하방이주나 변연골 흡수 소견을 보이지 않았다. 임플란트와 골의 경계부에는 일부 골수조직이 보였으며, 연조직의 개재없이 많은 조골세포로 구성된 치밀골로 골형성이 잘 되어 있는 것이 관찰되었다(Fig. 21-23).

다) 형광 현미경적 소견

매식체의 주위골에서 초기에 투여한 Calcein의 녹색형광과 Oxytetracycline의 황색형광이 동심원을 그리며 존재하였는데 대부분 형광대가 합쳐져서 색을 구별하기는 어려웠다. 동심원의 크기는 매우 다양하였으며 주로 녹색형광대가 뚜렷하고 황색형광대는 희미한 원들이 많았다. 그러나 일부는 황색형광대가 더 뚜렷한 원도 있었으며 일부는 마지막으로 투여한 Alizarin Red의 적색 형광이 더 뚜렷한 원도 있었다. 일부 시편에서는 골개조 (bone remodeling)가 진행중임을 의미하는 것으로 형광대의 동심원이 부분적으로 끊어져 있는 소견이 관찰되었다. 매식체 경부에 있는 변연골의 하부에는 작은 동심원이 다수 발견되었으며, 골외막부보다는 임플란트 주변의 골내막부에서 원모양의 형광대가 많이 관찰되었다.

형광대의 위치, 크기와 형태는 매우 다양하였으며, 실험 A, B, C, D 군을 구별할만한 특징도 관찰하기 어려웠다. 매식체와 골조직 경계부에서는 신생골의 형성을 의미하는 것으로 매식체와 평행한 좁은 띠모양의 형광대와 그 띠주변과 내부에서 황적색의 작은 동심원이 관찰되었다(Fig. 24-32).

IV. 총괄 및 고안

최근에 Brånemark 등^{27,15,16,17,18)}에 의한 많은 임상보고에 의해 골유착이 곧 임플란트의 성공과 동등한 의미를 갖게 되었는데, 골유착이란 광

학현미경 수준에서 연조직의 개재없이 살아있는 골과 하중을 받는 임플란트의 표면이 구조적이며 기능적으로 직접 연결된 상태로 정의되었다. 최근에는 그간의 연구를 토대로 다시 이를 개정하였는데, 즉 골유착이란 잘 분화되고 적절히 재형성된 생체조직과 엄밀한 형태를 가지고 잘 조정된 인공적 구조간에 거부기전이 일어나지 않고 지속적으로 정상적인 임상적 기능을 수행할 수 있도록 소위 공생적 방식으로 구조적 및 기능적 공존이 지속되는 것이라고 새로이 정의되었다⁷⁰⁾.

임상적으로는 방사선학적 소견, tapping, Periotest⁶³⁾ 등의 기구를 이용한 동요도 측정등으로 골유착이 되었는지를 가름할 수 있는데⁶⁾, 방사선 사진에서는 0.1 mm 정도의 해상도밖에 가지고 있지 않기 때문에 0.01 mm 수준의 연조직 개재 가능성을 배제할 수 없다. 또한 매식체를 금속기구로 두들겨서 나오는 음향으로 분석하는 것은 어떤 전형적인 sound diagram이 없어서 한계가 있다. 동요도가 있는 임플란트는 골유착이 실패했다고 볼 수 있는 반면에 임상적으로 동요도가 없는 임플란트일지라도 조직학적으로는 일부에서만 골과 직접 접촉하고 나머지는 섬유조직으로 쌓여 있는 경우도 있으므로 임플란트의 동요도가 골유착의 결정적인 증거가 될 수 없다.

정확한 골유착의 판정은 현미경하에서 조직학적 소견을 보아야 하는데 실제 임상에서는 사용할 수 없고 동물실험에서만 가능하다고 하겠다.

Brånemark 등¹⁷⁾은 동물실험에서 구강점막으로 완전히 피개되지 않은 titanium fixture의 상부에서 골조직과의 분명한 경계가 없으면서 육아조직이 발견되었다고 보고하였으며, 초기 치유기간에 임플란트에 하중이 가해지지 않는 환경을 마련하고 상피의 하방성장과 감염을 방지하기 위하여 조직의 방어기능이 회복될 때까지 점막하에 임플란트가 매식되는 것이 필수적이라 하였다.

Albrektsson 등⁶⁾은 토끼의 경골에서 골치유가 fixture 매식후 처음 1주에 시작하여 3-4주에 최고조에 이르고 6-8주후에는 다소의 골개조를 보이며 새로 형성된 골조직이 안정된 상태를 갖는다고 하였다. 그러므로 이 치유기간에 하중을 받

거나 변위된다면 섬유조직이 형성될 것이므로⁵⁴⁾ 두단계 시술이 필요하다고 하였다. Adell^{3,4)}은 골유착을 이루기위해 주의깊은 수술과 함께 매식 후 하악은 3-4개월, 상악은 5-6개월의 치유기간 동안 기능적 하중을 받지 않아야 한다고 하였다.

위와 같은 연구에 의해 두단계 수술이 보편화 되는 추세인데 반해, ITI 임플란트는 한단계 수술을 하면서도 골유착을 얻을 수 있었다는 연구 결과가 최근에 나오기 시작하였다. Sutter등⁶²⁾은 ITI 임플란트는 매식체 상부가 변연골에서 3mm 정도 올라와 점막에 피개되지 않고 매식 직후부터 구강내에 노출되지만 골유착이 얻어졌다고 보고하였다. Buser등²³⁾은 38명의 부분 무치악 환자에게 54개의 개방형 ITI 임플란트를 매식하고 3개월간의 치유기간을 거친 후 수복을 하여 3년간 관찰한 결과, 96.2%에서 성공적이었다고 보고하였다.

ITI 임플란트가 한단계 수술을 하면서도 높은 성공률을 보이고 있는 것은 다음과 같은 이유로 설명될 수 있다. 첫째 ITI hollow-screw의 thread에 의해 매식체와 골조직이 긴밀하게 적합되어서 매식체의 안정이 술후 곧바로 이루어지며, 둘째 매식체의 상부가 점막 바로 상방의 치은높이에 위치하기 때문에 초기 치유기간동안 하중이 가해지지 않는다는 것이다. 셋째, 치유기간동안 구강위생관리를 잘하면 상피의 하방이 주와 감염을 방지하고 mucosal seal을 얻을 수 있다는 것이다⁵⁸⁾.

두단계 수술을 하는 경우에도 매식후 치유기간동안 조직의 수축으로 cover screw가 노출될 수 있다⁴⁴⁾. 또한 남아있는 봉합사에 의해 농양이나 육아조직형성이 일어날 수 있고, 의치에 의한 통점(sore spot)과 dehiscence로 점막이 천공될 수 있다. 이런 노출이 매식후 수주후에 일어나면, 심미적인 관점이나 감염등과 같은 문제가 있거나 치태 조절이 안되는 경우를 제외하고는, 외과적 수술로 cover screw를 점막으로 다시 피개시켜줄 필요가 없고 Chlorohexidine 양치등으로 구강위생관리를 잘 해주면 된다고 하였다³⁷⁾. 그렇다면 Brånemark 임플란트같이 두단계 수술을 하는 임플란트들도 치유기간동안 하중을 가하지 않고 구강위생관리를 잘 해준다면 한단계 수술

로도 성공적인 골유착을 얻을 수 있는지 연구해 보아야 할 것이다.

본 실험에서는 Brånemark 임플란트의 초기 치유기간동안 하중이 가해지지 않게 하고 한단계 수술로 끝낼 수 있도록 하기위해 Brånemark fixture매식 직후에 바로 healing abutment를 연결하였다. 이 healing abutment는 점막에서 1-2mm정도 노출되었는데, 네개중 한개의 healing abutment의 나사가 풀린것으로 보아 직접적인 교합력이 가해지지는 않았으나 간접적인 교합력이 가해졌을 가능성이 있다고 볼 수 있다. Akagawa등⁵⁾은 single-crystal sapphire 임플란트를 사용하여 하중이 가해지지 않은 두단계 시술시와 보철물을 장착하지 않았으나 단단한 음식을 먹음으로써 간접적으로 하중을 가한 한단계 시술을 비교하였는데, 후자에서 섬유조직이 임플란트의 경계부에 나타났다고 하였다.

임플란트에 대한 조기하중이 골형성을 방해한다는 많은 연구^{14,17,20,55)}가 있었던 반면에 조기의 기능적 하중이 오히려 골형성을 촉진시킨다는 연구^{12,30)}들이 있으며, 조기 하중을 주는 시기에 대해서도 많은 논란이 있다. 국내에서도 박등⁷¹⁾과 양등⁷²⁾의 실험에서 조기의 기능적 하중이 골유착을 방해하지 않고 골형성을 촉진시킨다고 하였다. 현재로서는 조기하중의 시술 가능성은 배제할 수 없으나, 임상에 적용하기에는 아직 많은 연구들이 이루어져야 할 것으로 사료된다. 본 실험에서는 모든 임플란트가 기능적 하중이 가해지지 않은 상태로 다만 한단계 시술과 두단계 시술의 초기 치유과정을 관찰하기 위하여 실험 기간중에 개에게 연한 음식을 섭취시켰으나 개방형 임플란트, 특히 Brånemark healing abutment에 가해지는 간접적인 하중은 배제할 수 없었다.

ITI HS의 경우에는 골에 매식되는 부위는 plasma spray되어 있고 그위의 경부에는 mucosal seal을 이룰수 있도록 3mm 정도의 활택한 표면으로 되어 있기 때문에 폐쇄형으로 하기 위해 점막을 피개하는데 어려움이 있었다. 이런 문제를 어느 정도 해결하기 위하여 폐쇄형 ITI 임플란트의 경우에 공간을 차지하지 않는 porcelain healing cap을 부착하고 견고히 봉합

을 했음에도 불구하고 3개의 임플란트에서 점막의 수축으로 인하여 구강내에 노출되었다.

Godfredson등³²⁾은 원숭이에 ITI hollow-cylinder를 매식하였는데, 교합력이 없으면 개방형이나 폐쇄형 임플란트 사이의 치유반응에 차이가 없었다고 보고하였으며 개방형인 경우 구강위생 처치를 한 것이 좀더 많은 골접촉을 보였다고 하였다. 또한 Sagara등⁵⁶⁾은 개에 titanium alloy (Ti6Al4V) 임플란트를 매식하였는데, 한단계 시술이건 두단계 시술이건 간에 조기 하중이 없는 경우에는 초기 골 치유를 얻을 수 있었으나 두단계 시술이 좀더 좋은 골유착을 보였다고 하였다. 본 실험에서도 이와 유사한 결과를 얻을 수 있었다. Grunder등³⁴⁾은 실험견에 titanium 임플란트(Screw-vent)를 매식하고 3개월 후에 면사로 지대치 주위를 묶어서 인위적으로 치태 형성을 시켜 임플란트 주위 염증과 골흡수를 발생시킨 후에 조직 유도 재생술(guided tissue regeneration)을 개방형과 폐쇄형으로 시행하였는데 그 차이가 없었다고 보고하였다.

Fiorellini등³¹⁾은 개에 개방형과 폐쇄형 임플란트를 각각 19개씩 매식하여 24주동안 골치유에 대해 방사선학적 평가를 하였는데, 폐쇄형 임플란트의 골흡수가 오히려 더 컸다고 보고하였다. 그 이유는 초기에는 비슷한 양의 골흡수를 보였으나 폐쇄형 임플란트의 경우 이차 수술후에 골흡수가 심하게 일어났기 때문이라고 하였다. 사람에게 있어서 임플란트 매식후 1년 이내에 1.0mm 내외의 변연골 흡수가 일어났다고 보고되고 있으나⁴⁾ 본 연구에서는 변연골의 흡수가 아니라 오히려 골이 증식되어 올라간 소견이 관찰되었다.

개방형과 폐쇄형 임플란트에 관한 많은 문헌들^{31,32,34,56,66)}을 고찰하여보면 그차이는 거의 없는 것으로 사료되며 본 실험에서도 그 사실을 확인할 수 있었다. 한단계 시술로 두단계 시술과 비슷한 결과를 얻을 수 있다면 한단계 술식은 많은 장점을 가질 수 있다. ITI 임플란트가 개방형인 이유는 다음과 같다. 첫째, 치태형성이 잘되는 임플란트와 상부구조와의 연결부가 조직 상방에 있어서 미생물학적 관점에서 유리하다. 둘째, 이차수술을 요하지 않는다. 셋째, 상부구조를 장착할 때 좋은 시야를 확보할 수 있어서 쉽고 간단

하다. 넷째, 초기치유과정에서 치은폐쇄가 일어난다. 다섯째, 임플란트와 상부구조가 치은 상방에서 결합되므로 기계적 적합이 더 잘되며 좀더 유리한 lever-arm상태를 갖는다⁵⁸⁾. 그래서 만일 한단계 술식이 보편화된다면 두단계 술식을 사용하는 임플란트는 위와같은 장점을 충분히 살리기 위하여 치경부의 형태를 약간 변경시킬 필요가 있다고 하겠다.

골유착을 얻고 또 이것을 유지하기 위해서는 골조직의 치유와 골개조 능력에 대한 이해가 있어야 한다⁴³⁾. 임플란트의 매식수술시에 아무리 세심한 주의를 기울여도 임플란트 주위에는 initial necrotic border zone이 존재하게 되며¹⁵⁾ 이것은 섬유조직이 아닌 고도로 분화된 골조직으로 치유되어야 한다. 또한 형성된 골조직은 전체적인 골구조나 크기는 변화하지 않으면서 내부에서 이차골원(secondary osteon or secondary Haversian system)을 형성하며 골개조를 하게된다³⁸⁾. Martin과 Burr등⁵⁰⁾은 골조직의 손상을 보상하기 위하여 골개조가 그런 곳에 집중되는 것을 관찰하였다. 그래서 골조직에 대한 미세한 손상(microdamage)은 골개조를 촉진시키며, 그 손상이 더 진행되지 않도록 이차골원으로 그 손상된 부위를 수복한다는 가설을 내세웠다. Hoshaw등³⁸⁾은 형광물질을 이용하여 동물의 경골에서 골개조를 관찰하였는데 임플란트와 1mm내에 인접한 골조직은 완전히 골개조가 일어났으며 Haversian canal의 주행방향이 바뀌어서 종단면에 수직으로 되어 있는 이차골원이 보였다고 하였다. Albrektsson^{6,35)}에 의하면 임플란트의 경계부에 있는 규칙적인 하버스골은 그 임플란트에 대한 골조직의 반응이 양호하며 생체 적합성이 우수하다는 것을 의미한다고 하였다.

본 실험에서는 새로 골형성이 된 부위와 시기 그리고 골개조의 정도와 방향을 알아보기 위하여 녹색형광을 내는 Calcein, 밝은 황색형광을 내는 Oxytetracycline, 적색형광을 내는 Alizarin Red등의 형광물질을 실험동물에 주입하였다. Calcein과 Oxytetracycline은 새로 형성된 골조직에 침착되어 안정적으로 남아 있으므로 임플란트 매식후에 2주 간격으로 교대로 투여하였으

며, Alizarin Red는 골침착후에 체내에서 서서히 대사가 이루어져서 발광의 정도가 약해지는 성질이 있으므로⁷²⁾ 실험동물을 희생하기 일주일 전에 일회만 투여하였다. 본실험의 형광현미경적 소견에서도 절단 방향과 수직으로 주행하며 골개조를 하고 있는 Haversian system을 의미하는 녹색, 황색 그리고 붉은색의 원형 형광대들이 임플란트의 주위골에 많이 나타났다. 그런데 녹색과 황색의 형광대는 같은 동심원상에서 뚜렷히 구별하기 어려운 것들이 많은 반면에, 녹색 형광대가 더 뚜렷한 원과 황색형광대가 더 뚜렷한 원들이 있는 것으로 보아 골개조의 시기가 조금씩 차이가 나는 것을 추측할 수 있었다. 일부 시편에서는 형광대가 일부 끊어진 모양을 하고 있는 것도 있었는데 이것은 새로 형성된 골의 일부가 흡수되면서 골개조를 하고있는 것으로 추측할 수 있었다. 또한 골외막부 보다는 골내막부에서 많은 형광대가 관찰되는 것으로 보아 막내화골이 활발히 진행중임을 알 수 있었다.

임플란트와 가까이 인접한 경계부에는 좁은 띠모양의 황적색 형광대가 존재하였으며 그 띠의 내부와 주위에는 작은 원모양의 형광대들이 관찰되었는데 이것은 기존의 골조직이 아닌 수술시에 생긴 초기의 necrotic border zone에 신생골이 형성되는 것을 의미한다고 하겠다. 이와 같은 형광대는 녹색과 황색이 중첩되어 연두색을 띠는 것이 일부 있었으나 주로 황적색을 띠고 있는 것으로 보아서 그 형성시기는 임플란트 매식후 최소 4-6주이며 11주후에도 골형성이 활발히 진행중인 것을 알 수 있었다. 이것은 Calcein과 Xylenol을 투여하여 임플란트 경계부에 기존의 골조직과 구별되는 신생골의 형광대를 관찰한 Gotfredsen등³²⁾의 연구결과와 유사한 것이다. 그런데 여기서 유의할 사항은 사람에서보다 동물에서 골치유가 빨리 진행되므로 동물실험에서의 결과를 실제임상에 적용하려면 그 기간을 늘려 잡아야 한다는 것이다. 골형성 기간은 토끼, 개와 사람이 대략 1 : 2 : 3의 비율이므로 만일 토끼에서 6주라면, 개는 12주, 사람은 18주정도로 잡아야 한다⁷²⁾.

Haider등³⁶⁾은 IMZ 임플란트 매식 4주후에 drill hole margin에서 평균 186 μ m까지 파골세포

에 의한 골흡수와 woven bony callus의 형성을 관찰하였고 8주후에는 골흡수가 거의 없이 층판골(lamellar bone)형성과 1차 골원(primary osteon)을 나타내는 형광대들을 발견하였다. Uththoff⁶⁴⁾에 의하면 처음 매식수술시에는 임플란트의 thread head만이 치밀골에 접촉되고 나머지는 약 150 μ m두께의 빈공간이 생겨, 처음 2주에는 세포들이 이 공간으로 이동해서 치유기간중에 움직임이 없으면 골형성세포로 진화되고, 움직임이 생기면 섬유아세포, 연골아세포, 파골세포로 되고 결국 골유착에 실패하게 된다고 하였다.

이와같은 소견으로 볼 때, 골유착을 얻기 위해서는 초기 안정이 매우 중요함을 알 수 있다. Pilliar등⁵⁵⁾은 임플란트의 경계부에서 골형성을 이루기위해 허용가능한 최대의 변위는 28 μ m이며, 150 μ m이상이면 섬유조직이 형성된다고 하였다. 그러나 골조직이 형성된 후에 가해지는 적절한 하중은 골개조를 촉진시켜서 골유착을 유지시킨다는 많은 보고들^{12,30)}이 있으므로 하중을 주는 시기는 신중히 선택해야 할 것이다.

초기안정을 얻기 위하여 임플란트의 형태와 표면처리에 대한 많은 연구^{12,27,28,42,47,49,59,61,68)}가 이루어졌는데, hydroxyapatite나 titanium등을 plasma-spray한 표면이 임상적으로 우수한 결과를 얻었다는 보고가 있었다¹⁴⁾. Plasma-spray된 표면은 골과 임플란트의 경계부 부착강도를 증가시키며 상당한 수준의 골유착을 얻는데 필요한 시간을 줄일 수 있다는 것이다. 그러나 이것은 형성된 골부위에 임플란트가 정확히 접합된 결과로 초기 안정성이 증가된 것뿐이지 실질적인 골유착이 더 우수하다는 것을 의미하지는 않는다. coated 임플란트에 대한 연구는 모두 단기간 사용한 결과이며 장기간의 결과는 아직 없으므로, 골유착의 시간이 빠르고 강하다고 할지라도 임플란트에 대한 조기하중을 가하기에는 현재로서는 상당한 위험성을 내포하고 있다.

Jovanovic등⁴¹⁾의 동물실험에서 수종의 임플란트에 인위적으로 치태형성을 시켰는데 titanium 임플란트(Branemark & IMZ)주위보다는 hydroxyapatite coating된 임플란트(Integral)에서 더 큰 골흡수를 관찰하였다. d'Hoedt와

Schulte²⁹⁾에 의하면 TPS (Straumann, Ltd, Freiburg, Germany)나 IMZ(Implant Support Systems, Inc, Irvine, Calif)임플란트와 비교했을 때 ITI(Institute Straumann AG, Waldenburg, Switzerland)임플란트는 골흡수가 좀더 빈번히 발생되었다고 보고하였다. 본 실험에서는 titanium plasma-spray된 ITI HS와 비교적 활택한 표면을 가진 Bränemark 임플란트를 비교하였는데, 후자가 골유착에서 좋은 결과를 얻었다.

임플란트의 장기간 성공을 위해서는 구강위생 관리가 매우 중요한 요소이며⁶⁹⁾ 특히 한단계 시술을 할 경우에는 더욱 중요하다고 할 수 있는데 동물실험에서는 사람과는 달리 엄격한 위생관리를 하기가 어려웠으므로 본 실험의 결과에 상당한 영향을 주었으리라 사료된다. 임플란트 주변에 염증이 있는 경우에는 자연치의 치주염에서 발견되는 미생물들과 유사한 것들이 발견되었다는 많은 보고들^{13,46,53,65)}이 있었으며, 임플란트 주위 연조직에 대한 임상지수와 조직학적 소견이 상관관계를 갖는다는 보고들이 있는 반면에, Adell등⁴⁾은 상관관계가 없다고 보고하였다. 본 실험에서는 개방형 임플란트주위의 치은에서 염증소견을 발견할 수 있었으나 조직학적 소견에서는 대부분 골흡수가 일어나지 않고 골유착이 잘 되어 있는 것을 관찰할 수 있었다.

상피세포는 접촉유도(contact guidance)라는 과정에 의해 임플란트 표면을 따라 내려가려는 성질이 있다^{33,65)}. 그래서 그 하부에 결체조직의 부착으로 억제되지 않는다면 상피세포는 치근단 방향으로 성장하려는 성향을 가지고 있어서 골흡수(marsupialization)를 야기할 수 있다^{52,65)}. 그러나 한단계 시술로 인하여 상피의 하방이주가 일어나지 않는다는 것을 보여주는 많은 연구들이 있었다.

Listgarten등⁴⁸⁾은 plasma-sprayed titanium표면위에 1-3mm의 활택한 면을 가진 nonsubmerged 임플란트(ITI)를 하였는데, 치은 결체조직섬유가 견고한 gingival cuff를 형성하며 titanium에 긴밀히 부착되었으나 활택한 면이든 거친 면이든 간에 불규칙한 표면까지 침투하지는 않았다고 하였다. Bauman등¹³⁾도 연조직 경계부에서 결체조직의 치은 섬유는 자연치아에서

와 유사하나 매식체에 삽입되지는 않았으며 이런 섬유의 부착은 자연치아에서나 임플란트에서 치주질환에 대한 저항력에 매우 중요하다고 하였다. Chehroudi등^{25,26)}은 활택하게 다듬은 면은 결체조직의 성장을 촉진하며 이것은 상피의 하방이주를 상당히 억제한다고 하였다. Adell등³⁾은 약 1mm길이의 상피하 결체조직 접합에 의해 상피조직의 하방이주를 막아낸다고 보고하였다. 본 실험에서도 임플란트의 경부 상피조직 하부에 임플란트의 표면에 수직으로 주행하는 결체조직 섬유가 여러 부위에서 발견 되어서 그와같은 사실을 확인하여 주었다.

실험결과에 대한 고찰에 의하면 수술시 세심한 주의를 기울이고 초기 치유기간동안에 하중이 가해지지 않는 환경을 마련하며 구강위생관리를 철저히 한다면 한단계 시술을 하더라도 성공적인 골유착이 가능하다는 것을 보여주었다. 또한 임플란트와 골의 경계부에서 골형성이 되는 시기를 고려할 때, 한단계 시술을 하더라도 충분한 치유기간을 거치지 않고 조기에 상부구조를 장착하여 기능적 하중을 주는 것은 임플란트의 성공률을 떨어뜨릴 가능성이 있다는 것을 보여주었으며 이에 대한 연구가 다각적으로 더 이루어져야 할 것으로 사료된다. 만일 계속된 연구결과에서 한단계 시술이 좋은 결과를 얻는다면 기존의 두단계 술식을 사용하는 임플란트의 형태상 설계를 변경시켜서, 기존 임플란트의 장점과 한단계 술식의 장점을 모두 가질 수 있는 새로운 임플란트의 발명도 기대할 수 있으리라 사료된다.

V. 결 론

성공적인 골유착을 얻기 위해서는 임플란트 매식후 점막하에서 치유과정을 거치는 두단계 시술이 이상적이라 할 수 있겠지만, 한단계 시술로도 유사한 결과를 얻을 수 있다면 여러가지 장점을 가질 수 있다. 본 실험에서는 임플란트 매식후에 점막하에서 초기 치유과정을 거치는 폐쇄형 임플란트와 매식 직후부터 구강내에 노출되는 개방형 임플란트의 초기 골조직 형성과 골개조에 미치는 영향을 연구하기 위하여, 성견 4

마리에 2종의 골유착성 임플란트를 각각 개방형과 폐쇄형으로 매식하고, 임상적, 방사선학적, 광학현미경 및 형광현미경적 소견을 관찰하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 방사선학적, 광학현미경적 소견에서 개방형과 폐쇄형 임플란트 사이에 골유착 정도의 차이는 거의 없었으나 폐쇄형 임플란트에서 다소 좋은 골유착을 보였다.
2. 방사선학적, 광학현미경적 소견에서 titanium plasma coating된 임플란트보다는 비교적 활택한 면을 가진 임플란트에서 골유착 정도가 양호하였다.
3. 형광 현미경적 소견에서 임플란트 주위의 기존 골에서는 골개조가 활발히 일어났으며, 임플란트와 인접한 부위에서는 신생골의 형성이 관찰되었다.
4. 형광 현미경적 소견에서 개방형과 폐쇄형 임플란트의 골개조 양상의 차이점은 없었으며, 골외막부보다는 골내막부에서 골형성이 더욱 현저하였다.
5. 임플란트의 경부에서는 상피의 하방이주를 억제하는 결체조직의 섬유들이 임플란트의 표면에 수직으로 주행하는 것이 관찰되었다.

REFERENCES

1. Adell R. Clinical results of osseointegrated implants supporting fixed prostheses in edentulous jaws. *J Prosthet Dent* 1983;50:251-254.
2. Adell R, Eriksson B, Lekholm U, Brånemark P-I, Jemt T. A long-term follow-up study of osseointegrated implants in the treatment of the totally edentulous jaws. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1990; 5:347-359.
3. Adell R, et al. A 15-year study of osseointegrated implants in the treatment of the edentulous jaw. *Int J Oral Surg* 1981;10:387-416.
4. Adell R, Lekholm U, Rockler B. Marginal tissue reactions at osseointegrated titanium fixtures. *Int J Oral Maxillofac Surg* 1986;15:39-52.
5. Akagawa Y, Hashimoto M, Kondo N, et al. Initial bone-implant interface of submergible and supraperiosteal endosseous single-crystal sapphire implants. *J Prosthet Dent* 1986;55:96-100.
6. Albrektsson T. Direct bone anchorage of dental implants. *J Prosthet Dent*. 1983;50:255-261.
7. Albrektsson T Brånemark P-I, Hansson HA, Lindstrom J. Osseointegrated titanium implants. Requirements for ensuring a long lasting, direct bone-to-implant contact in man. *Acta Orthop Scand* 1981 ;52:155-170.
8. Albrektsson T, Jacobsson M. Bone-metal interface in osseointegration. *J Prosthet Dent* 1987;57:597-607.
9. Albrektsson T. A Multicenter reporter on osseointegrated oral implants. *J Prosthet Dent* 1988;60:75-84.
10. Albrektsson T, Sennerby L. Direct bone anchorage of oral implants: Clinical and experimental considerations of the concept of osseointegration. *Int J Prosthodont* 1990;3:30-41.
11. Albrektsson T, Zarb GA, Worthington P, Eriksson AR. The long-term efficacy used dental implants : A review and proposed criteria of success. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1986; 1:11-25.
12. Babbush CA. Titanium plasma spray screw implant system for reconstruction of the edentulous mandible. *Dent Clin North Am* 1986;30:117-131.
13. Bauman GR, Rapley JW, Hallmon WW, Mills M. The peri-implant sulcus. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1993;8:273-280.
14. Bobynd JD, Pilliar RM, Cameron HU, Weatherly GC. Osteogenic phenomena across endosteal bone-implant spaces with porous surfaced intramedullary implants. *Acta Orthop Scand* 1981;52:145-153.
15. Brånemark P-I, Zarb GA, Albrektsson T.(eds) *Tissue-integrated Prostheses : Osseointegration in Clinical Dentistry* Chicago, Quintessence Publ Co, 1985.
16. Brånemark P-I. Osseointegration and its experimental background. *J Prosthet Dent* 1983;50:399-410.
17. Brånemark P-I, Brein U, Adell R, Hansson O, Lindström J, Ohlsson A. Intraosseous anchorage of dental prostheses. *Scand J Plast Reconstr Surg* 1969;3:81-100.
18. Brånemark P-I, Hansson B-O, Adell R, Brein U, Öhrnas A. Osseointegrated implants in the treatment of the edentulous Jaws, experience from a ten year period. *Scand J Plast Reconstr Surg* 1977 (suppl 16) :1-132.
19. Brunski JB. Biomaterials and biomechanics in dental implant design. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1988; 3:85-97.
20. Brunski JB, Moccia AF, et al. The influence of fun-

- ctional use of endosseous dental implants on the tissue-implant interface. I. Histological aspects. *J Dent Res* 1979;58:1953-1969.
21. Buser D, Schroeder A, Sutter F, Lang NP. The new concept of ITI hollow-cylinder and hollow-screw implants. Part 2. Clinical aspects, indications and early clinical results. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1988 ;3:173-181.
 22. Buser D, Weber HP, Bragger U. The treatment of partially edentulous patients with ITI hollow-screw implants : Presurgical evaluation and surgical procedures. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1990;5:165-174.
 23. Buser D, Weber HP, Bragger U, Balsiger C. Tissue integration of one-stage ITI implants : 3-year results of a longitudinal study with hollow-cylinder and hollow-screw implants. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1991;4:405-412.
 24. Buser D, Weber HP, Lang NP. Tissue integration of non-submerged implants. Munksgaard, Copenhagen 1990;1:33-40.
 25. Chehroudi B, Gould TR, Brunette DM. Effects of grooved titanium substratum on cell behavior in vivo and in vitro. *J Dent Res* 1987;66(special issue) Abstr. no.60.
 26. Chehroudi B, Gould TR, Brunette DM. The role of connective tissue in inhibiting epithelial downgrowth on titanium-coated percutaneous implants. *J Biomed Mater Res* 1992;26:493-515.
 27. Deporter DA, Watson PA, Pillar RM, Melcher AH, et al. A histological assessment of the initial healing response adjacent to porous-surfaced titanium alloy dental implants in dogs. *J Dent Res* 1986;65(8):1064-1077.
 28. Deporter DA, Friedland B, Watson PA, et al. A clinical and radiographic assessment of a porous-surfaced, titanium alloy dental implant system in dogs. *J dent Res* 1986;65(8):1071-1077.
 29. d'Hoedt B, Schulte W. A comparative study of results with various endosseous implant systems. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1989;4:95-105.
 30. Ducheyne P, De Meester P, Aernoudt E, et al. Influence of a functional dynamic loading on bone ingrowth into surface pores of orthopedic implants. *J Biomed Mater Res* 1977;11:811-838.
 31. Fiorellini JP, Weber HP, Buser DW, et al. A radiographic evaluation of bone healing around submerged and nonsubmerged implants. 7th annual meeting of the academy of osseointegration, 1992 Abstr.
 32. Gotfredson K, Hjorting-Hansen E. Histologic and histomorphologic evaluation of submerged and nonsubmerged titanium implants. Proceedings of the second International congress on tissue integration in oral, orthopedic and maxillofacial reconstruction. Sep,1990, Rochester, Minnesota pp 37-40.
 33. Gould TR, Brunette DM, Wesbury L. The attachment mechanism of epithelial cells to titanium in vitro. *J Periodont Res* 1981;16:611-616.
 34. Grunder U, Hürzeler MB, Schüpbach P, Strub JR. Treatment of ligature-induced peri-implantitis using guided tissue regeneration : A clinical and histologic study in the beagle dog. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1993;8:282-293.
 35. Hansson H-A, Albrektsson T, Branemark P-I. Structural aspects of the interface between tissue and titanium implants *J Prosth Dent* 1983;50:108-113.
 36. Haider R, Watzek G, Plenk H. Effects of drill cooling and bone structure on IMZ implant fixation. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1993;8:83-91.
 37. Hobo S, Ichida E, Garcia LT. Osseointegration and occlusal rehabilitation Quintessence Publ Co, 1989.
 38. Hoshaw SJ, Brunski JB, Cochran GVB, Higuchi KW. Bone modeling and remodeling around control and axially loaded fixtures in canine tibiae. Proceedings of the Second International Congress on tissue integration in oral, orthopedic and maxillofacial reconstruction. Sep,1990,Rochester, Minnesota, pp, 275-280.
 39. Jemt T. Failures and complications in 391 consecutively inserted fixed prostheses supported by Brånemark implants in edentulous jaws : A study of treatment from the time of prosthesis placement to the first annual checkup. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1991;6:270-276.
 40. Johansson C, Albrektsson T. Integration of screw implants in the rabbit. A 1-year follow-up of removal torque of titanium implants. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1987;2:69-75.
 41. Jovanovic SA, Kenney EB, Carranza FA, Donath K. The regenerative potential of plaque-induced peri-implant bone defects treated by a submerged membrane technique : An experimental study. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1993;8:13-18.
 42. Karagianes MT, et al. Development and evaluation of porous dental implants in miniature swine. *J Dent Res* 1976;55:85-93.
 43. Kohn DH. Overview of factors important in implant design. *J Oral Implantology* 1992;18:204-219.
 44. Lekholm U. Clinical procedures for treatment with

- osseointegrated dental implants. *J Prosthet Dent* 1983;50:116-120.
45. Lekholm U, Adell R, Lindhe J, Brånemark P-I, Eriksson B, et al. Marginal tissue reactions at osseointegrated titanium fixtures. (II). A cross-sectional respective study. *Int J Oral Maxillofac Surg* 1986; 15:53-61.
 46. Lekholm U, Eriksson I, Adell R, Slots J. The condition of the soft tissues at tooth and fixture abutments supporting fixed bridges. A microbiological and histological study. *J Clin Periodontol* 1986;13: 558-562.
 47. Lum LB, Brein R, Curtis DA. Histologic evaluation of hydroxyapatite coated versus uncoated titanium blade implants in delayed and immediately loaded applications. *Int J oral maxillofac Implants* 1991; 6:456-462.
 48. Listgarten MA, Buser D, Steinemann SG, et al. Light and transmission electron microscopy of the intact interfaces between non-submerged titanium-coated epoxy resin implants and bone or gingiva. *J Dent Res* 1992;71:364-371.
 49. Maniopoulos C, Pillar RM, Smith DC. Threaded versus porous-surfaced design for implant stabilization in bone-endodontic implant model. *J Biomed Mater Res* 1986;20:1309-1333.
 50. Martin RB, Burr DB. A hypothetical mechanism for the stimulation of osteonal remodelling by fatigue damage. *J Biomech* 1982;15:137-139.
 51. McKinney RV, Stefflik DE, Koth DL. The biologic response to the single-crystal sapphire endosteal dental implant : Scanning electron microscopic observations. *J Prosthet Dent* 1984;51:372.
 52. Meffert RM. The soft tissue interface in dental implantology. *J Dent Educ* 1988;52:810-811.
 53. Newman MG, Flemming TF. Periodontal considerations of implants and implant-associated microbiota. *J Dent Educ* 1988;52:737-744.
 54. Pillar RM, et al. Radiographic and morphologic studies of load-bearing porous-surfaced structural implants. *Clin Orthop* 1981;156:249-257.
 55. Pillar RM, Lee JM, Maniopoulos C. Observation on the effects of movement on bone ingrowth into porous surfaced implants. *Clin Orthop* 1986; 208:108-113.
 56. Sagara M, Akagawa Y, Nikai H, Tsuru H. The effects of early occlusal loading on one-stage titanium alloy implants in beagle dogs ; A pilot study. *J Prosthet Dent* 1993;69:281-288.
 57. Schnitman PA, DaSilvia JD, Wang NH, et al. Brånemark implants placed into immediate function : 5-year results. AAIID Annual meeting program & proceedings from Michigan Biomaterials conference. Vol 18, No.3,1992.
 58. Schroeder A, Sutter F, Krekeler G. *Oral Implantology ; Basics ITI hollow cylinder*. Thieme 1991:121-123.
 59. Schroeder A, van der Zypen E, Stich H. The reaction of bone, connective tissue, and epithelium to endosteal implants implants with titanium sprayed surface. *J Oral Maxillofac Surg* 1981;9:15-25.
 60. Sisk AL, Steilk DE, Parr GR, Hanes PJ. A light and electron microscopic comparison of osseointegration of six implant types. *J Oral Maxillofac Surg* 1992;50: 709-16.
 61. Stefflik DE, McKinney RV Jr, Koth DL. Ultrastructural comparison of ceramic and titanium dental implants in vivo: A scanning electron microscopic study. *J Biomed Mater Res* 1989;23:895-909.
 62. Sutter F, Schroeder A, Buser D. The new concept of ITI hollow-cylinder and hollow-screw implants. Part 1. Engineering and design. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1988;3:161-172.
 63. Teerlinck J, Quirynen M, Darius P, van Steenberghe D. Periotest : An objective clinical diagnosis of bone apposition toward implants. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1991;6:55-61.
 64. Unthoff K. Mechanical factors influencing the holding power of screws in compact bone. *J Bone Joint Surg* 1973;55B:633-639.
 65. van Steenberghe D, Quirynen M, Callens A. The reactions of periodontal tissues to implants and teeth. Proceedings of the Second International Congress on tissue integration in oral, orthopedic and maxillofacial reconstruction. Sep, 1990, Rochester, Minnesota, pp. 41-47.
 66. Weber HP, Buser D, Fiorellini JP, Williams RC. Radiographic evaluation of crestal bone levels adjacent to nonsubmerged titanium implants. *Clin Oral Impl Res* 1992;3:181-188.
 67. Wolfe LA, Hobkirk JA. Bone response to a matched modulus endosseous implant material. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1989;4:311-320.
 68. Young FA, Spector M, Kresch CH. Porous titanium endosseous dental implants in rhesus monkeys : Microradiography and histological evaluation. *J Biomed Mater Res*. 1979;13:843-856.
 69. Zarl GA, Symington JM. Osseointegrated dental implants : Preliminary reports on a replication study. *J Prosthet Dent* 1983;50:271-276.
 70. 김 영수, 고 재승, 황 성명 : Loaded implant와 unloaded

implant의 조직학적 비교연구. 대한치과보철학회지 1991;29(2):1-16.

71. 박 회운, 양 재호 : 치과임플란트 매식후 조기기능이 임플란트 주위골조직에 미치는 영향에 관한 연구. 치대논문집 1992;16:559-580.
72. 양 자호, 이 호용 : 성견에서 골유착성 타이타늄 임플란트의 기능적 노출시기가 주위의 골형성에 미치는 영향. 대한치과보철학회지 1991;29:55-73.
73. 양 재호 : 하악에 있어서 골내도재매식물 주위조직에 관한 실험적연구. 대한치과의사협회지. 1979;17(2):111-118.
74. 이 진걸, 양 재호, 이 선형 : 치과 임플란트 시술시 골천공기구의 회전속도가 주위 골조직의 온도및 골일체성에 미치는 영향에 관한 연구. 대한치과보철학회지 1992; 30(2):167-181.

EXPLANATION OF FIGURES

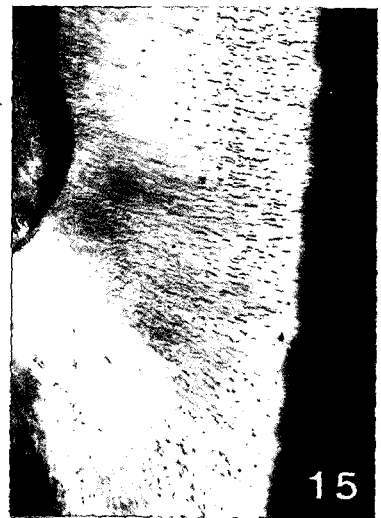
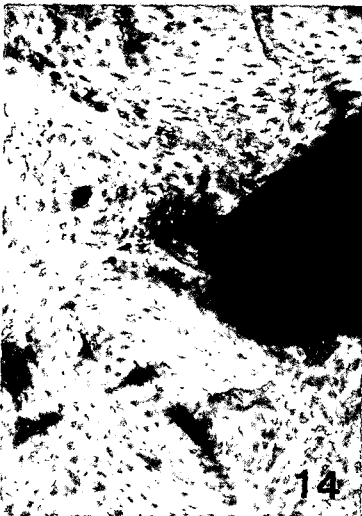
LIGHT MICROSCOPIC FINDINGS

- Fig. 9. Low magnification of submerged ITI hollow-screw. X 2.5
- Fig. 10. The neck portion of ITI hollow-screw. No marginal bone loss was found. X 10.
- Fig. 11. The middle portion of ITI hollow-screw. The implant was surrounded by compact bone and scant bone marrow tissue. X 10.
- Fig. 12. The apical portion of ITI hollow-screw. New bone was formed in bone core and perforation area (arrow). X 10.
- Fig. 13. Bone ingrowth into perforation area (arrow) of nonsubmerged ITI hollow-screw. X 25.
- Fig. 14. ITI hollow-screw was surrounded by compact bone with many osteoblasts. X 40.
- Fig. 15. The neck portion of ITI hollow-screw. The fibers of connective tissue oriented perpendicularly toward the implant surface. X 40.
- Fig. 16. Low magnification of submerged Brånemark implant. X 2.5.
- Fig. 17. Bone ingrowth under cover screw (arrow). X 10.
- Fig. 18. The middle portion of Brånemark fixture. Most implant surface was in direct contact with compact bone. X 10.
- Fig. 19. The apical portion of Brånemark fixture. X 10.
- Fig. 20. Brånemark fixture was surrounded by compact bone with many osteoblasts. X 40.
- Fig. 21. Low magnification of nonsubmerged Brånemark implant. X 2.5.
- Fig. 22. The neck portion of nonsubmerged Brånemark implant. X 10.
- Fig. 23. The middle portion of nonsubmerged Brånemark implant surrounded by compact bone and bone marrow. X 25.

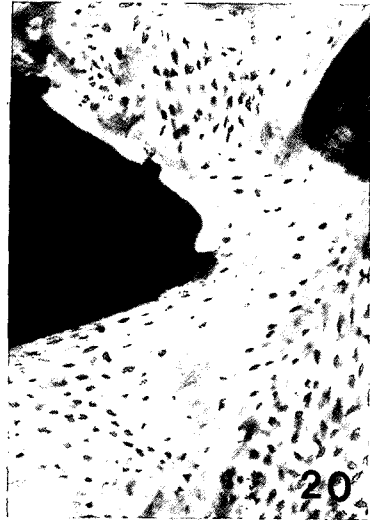
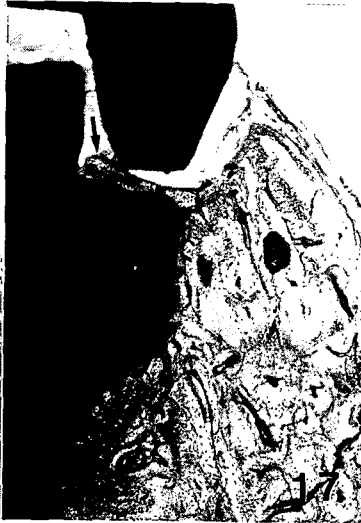
FLUORESCENT MICROSCOPIC FINDINGS

- Fig. 24. The neck portion of ITI hollow-screw. Intramembranous bone formation was more prominent. X 60.
- Fig. 25. The neck portion of ITI hollow-screw. There were many fluorescent labeling circles (arrows) under resorbed marginal bone. X 60.
- Fig. 26. The green labeling circle was interrupted (arrows). X 60.
- Fig. 27. The yellow and red band (arrows) in the interface indicate the border between new bone and old bone. X60.
- Fig. 28. New bones were formed in perforation area and apical area of ITI hollow-screw. X 60.
- Fig. 29. The middle portion of submerged Brånemark fixture. X 60.
- Fig. 30. The fluorescent labeling circles indicate the active bone remodeling. X 60.
- Fig. 31. The neck portion of nonsubmerged Brånemark implant. The labeling circle (arrow) was interrupted. X 60.
- Fig. 32. Small red circle (arrow) found in the interface area. X 60.

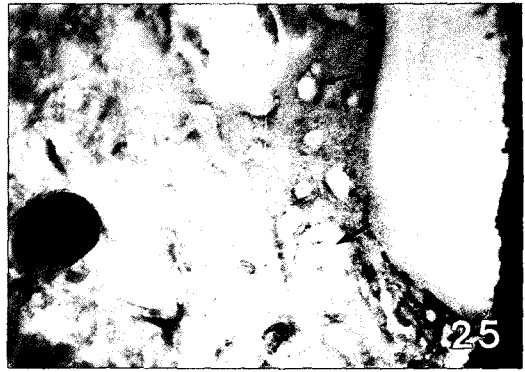
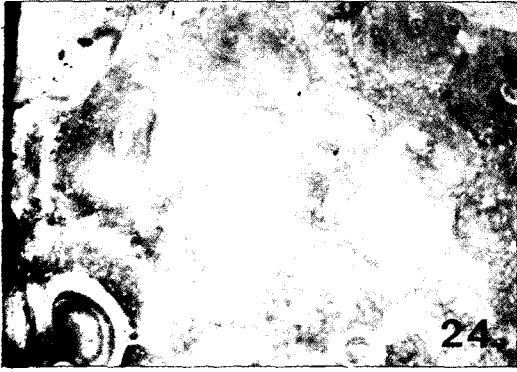
논문사진부도 ①



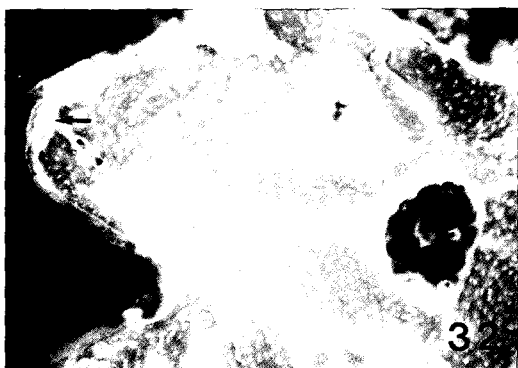
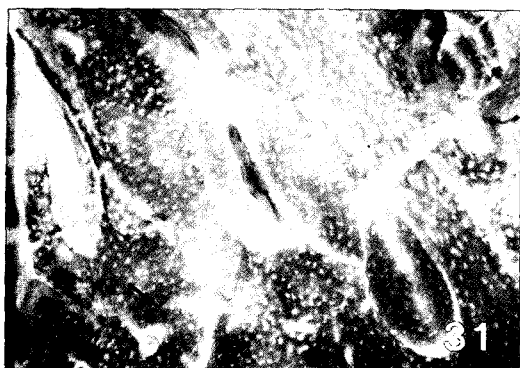
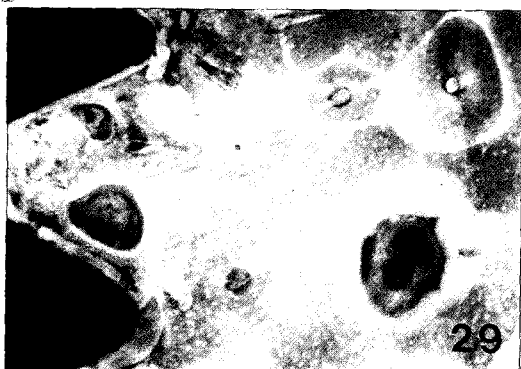
논문사진부도 ②



논문사진부도 ③



논문사진부도 ④



A STUDY ON THE BONE FORMATION OF OPEN TYPE AND CLOSED TYPE IMPLANTS

Jeong-Ho Kim, Jae-Ho Yang, Hun-Young Chung, Sun-Hyung Lee
Department of Prosthodontics, College of Dentistry, Seoul National University

A two-stage procedure is ideal for getting a successful osseointegration. But if a one-stage procedure can achieve a similar osseointegration, the one-stage procedure has several advantages.

The purpose of this study was to observe the initial bone formation and bone remodeling of open type (nonsubmerged) and closed type (submerged) titanium implants. Eight ITI hollow-screws and eight Brånemark fixtures were divided into two groups (submerged and nonsubmerged) and were installed on the lower jaws of four mongrel dogs. The animals were sacrificed three months later and bone sections with implants were processed for light microscopic and fluorescent microscopic observation. The results were as follows :

1. There was no significant difference in bone-to-implant contact between submerged and nonsubmerged implants.
2. Smooth surface titanium implants showed more bone-to-implant contact than that of titanium plasma coated implants histologically.
3. Under fluorescent microscopy, the active bone remodeling and new bone formation were observed in the interface zone.
4. Under fluorescent microscopy, submerged and nonsubmerged implants had no difference in bone remodeling pattern, and intramembranous bone formation was more prominent.
5. The connective tissue fibers orienting perpendicularly toward implant surface were observed in the neck of implants.

Key words : ITI implant, one-stage procedure, submerged implants, nonsubmerged implants, osseointegration.