

초기 골 접촉이 없는 순수 티타늄 임플란트 주위 골의 치유반응

안재현¹ · 김홍중² · 박주철³ · 한경윤¹ · 김병욱¹

조선대학교 치과대학 치주과학교실¹

조선대학교 치과대학 구강해부학교실²

조선대학교 치과대학 구강조직학교실³

I. 서론

1800년대에 Maggiolo¹⁾가 골내에 치과와 관련된 임플란트 이식을 시도한 이후, 다양한 수술법과 상부 보철물의 개발, 재료공학의 진보, 그리고 하중을 부담하는 임플란트의 골에 대한 생물학적 결합에 관한 개념의 진보 등으로 임플란트에 대한 지식이 지난 10년 동안 괄목 할 만한 발전을 이루어 왔다. 따라서 현재 임플란트학에 있어서 연구 방향은 임플란트 주위의 골결손 즉 골천공이나 협·설측 치조골이 없을 경우에 차폐막이나 탈회냉동건조골^{2,3,4,5)}, 또는 골형성단백질과 같은 여러 재료를 사용한 후 골재생 및 융합에 관한 연구^{6,7)}, 신선 발치창에 시행하는 즉시 임플란트(immediate implantation)^{8,9)}, 상악동거상술(sinus lifting)^{10,11,12)}, 신경전위술(nerve transpositioning)¹³⁾, 치조정분할술(split-crest technique)¹⁴⁾, 임플란트 주위염의 처치법¹⁵⁾, 임플란트를 식립한 후 즉시 하중을 가했을 때의 골 반응¹⁶⁾, 그리고 임플란트 표면처리에 대한 연구^{17,18,19)} 등으로 열거 할 수 있다.

골유착이란 용어는 Brånemark²⁰⁾가 토끼의 경골에 티타늄 원통을 매식시켜 골재생을 연구하던 중 골조직과 티타늄간에 직접적인 유착이 일어난다는 것을 발견한 이후에 만들어진 것으로서 골유착에 대한 개념은 살아있는 골과 힘이 가해지는 임플란트계면의 직접적으로 구조적 기능적인 연결이라고 할 수 있다

21,22)

특히 Albrektson 등^{22,23)}은 골유착을 위한 필수조건에는 골조직의 손상을 줄이는 세심한 골삭제, 초기 안정성, 치유기간 동안의 적당한 하중, 생물학적인 재료, 골 침착이 잘 되는 표면형태, 임플란트 주변의 조직형태 등이라고 보고하였다. 이 중에서 임플란트 주변의 조직 형태는 임플란트의 길이와 직경, 그리고 수복물 제작의 시기 등을 결정할 수 있으므로 임플란트를 식립할 때 신중하게 고려되어야 할 사항이다.

Misch와 Judy²⁴⁾는 임플란트가 식립될 가용 골의 양에 대해서 골의 높이, 넓이, 그리고 치조계의 길이 등을 기준으로 완전 무치악부를 5단계로, 부분적 무치악부를 4단계로 분류를 하였고, Lekholm과 Zarb²⁵⁾는 상악과 하악의 다양한 정도의 위축을 반영하여 4단계로 분류하였다.

골내 임플란트를 확실히 고정시키기 위하여 적절한 골의 양뿐만 아니라 우수한 골의 밀도가 요구되므로 골의 질이 중요한 요소로서 부각되고 있다. Lekholm과 Zarb²⁵⁾은 골질을 (1) 잔존해 있는 대부분의 골이 피질골로 형성되어 있는 Class I, (2) 해면골을 둘러싸고 있는 두꺼운 피질골 형태인 Class II, (3) 탄력성이 있는 해면골을 둘러싸고 있는 얇은 층의 피질골을 Class III, 그리고 (4) 저밀도의 해면골을 둘러싸고 있는 얇은층의 피질골을 Class IV 등 4가지

형태로 분류하였다.

가용 골의 양과 골의 질에 관련하여, Block 등²⁶⁾은 임프란트를 식립할 때 골 양이 부족할 경우에 실패하는 경우가 많으며, 상악 치조골에 비하여 하악 치조골이 골의 양과 질이 훨씬 좋기 때문에 하악에서 임프란트 성공률이 더 높다고 보고하였고, Lindstrom 등²⁷⁾은 하악골에 비하여 상악골은 치밀골이 적고 해면골이 상대적으로 많아서 임프란트 식립 시 하악에 비하여 성공률이 떨어지기 때문에 보철물 장착시기를 늦춰야 될 경우도 있으며 하악골에서도 골 질의 상태가 좋지 않을 경우에는 2차 수술의 시기를 늦춰야 한다고 보고하였다.

임상가들은 임프란트를 식립할 때 종종 치밀골이 적고 망상골이 많은 Class IV형의 골질을 만나게 되어 임프란트를 식립하기 위한 구멍을 형성하는 과정에서 임상가들이 원하는 임프란트의 직경보다 더 큰 구멍이 형성되어 초기 고정에 실패하는 경험을 하게 되는데, 본 연구는 임프란트와 골과의 긴밀한 직접적인 접촉이 없어 초기 안정성을 얻을 수 없는 상태에서 시간 경과에 따른 골 치유반응을 관찰하기 위하여 나선형태의 티타늄 임프란트를 성견의 대퇴골에 식립한 후 골 치유반응에 대한 조직학적 소견, 회전 제거력, 그리고 동요도를 평가하였다.

II. 연구재료 및 방법

1. 연구재료

(1) 실험동물

생후 8~9개월 된 체중 12kg 내외의 잠중 성견 5마리가 동일 조건하에서 1개월간 사육된 후 암·수 구별 없이 실험동물로서 이용되었다.

(4) 임프란트

길이가 8mm이고, 직경이 각각 3.8mm, 5.0mm, 6.0mm인 hexed thread 형태인 순수 티타늄 임프란트(STERI-OSS[®], BASUSH & LOMB Co. U.S.A)를 각각 7개씩 21개를 사용하였으며, 상부 연조직의 침투를 차단하기 위하여 Teflon[®](Gore-Tex, W.L.Gore,

Flagstaff, U.S.A)을 차폐막으로 사용하였다.

(3) 실험기구

매식 8주, 그리고 12주 후에 회전제거력을 측정하기 위하여 만능시험측정기(AUTOGRAPH AGS-1000D SERIES[?], JAPAN)를 이용하였고, 동요도 측정을 위해서는 Periotest[®](Simens AG, Bensheim, Germany)를 사용하였다.

2. 연구방법

(1) 임프란트의 매식

임프란트를 매식하기 위하여 xylazine(Rompun[®], Bayer Vetchem-Korea Co.) 2cc와 ketamine(Ketara[®], 유한양행) 2cc를 각각 대퇴부에 근육주사로 전신마취 시킨 후 좌측 대퇴부위를 삭모하여 소독하고 출혈과 동통 억제를 위하여 2% lidocaine으로 침윤마취를 하였다.

조직학적 검사를 위한 3마리의 실험견 대퇴골에 각각 직경 6mm의 구멍 3개를 약 1cm 간격으로 뚫었다. 골단부에서 제일 먼 곳부터 직경 6.0mm, 5.0mm 그리고 3.8mm 순으로 임프란트를 형성된 구멍의 정중앙에 위치시키고, 상부 연조직의 침투를 차단하기 위하여 비흡수성 차폐막을 사용하였다. punch로 차폐막에 구멍을 뚫고 임프란트의 덮개나사를 이용하여 고정시킨 뒤 막을 골막하방으로 위치시키고 4-0 봉합사를 이용하여 layer to layer 방법으로 촘촘히 봉합하였다.

동요도와 회전제거력을 측정하기 위한 2마리의 실험견에서도 상기와 같은 수술방법으로 대퇴골을 노출시키고 골단에서부터 3.8mm, 5.0mm 그리고 6.0mm 순으로 2개씩 매식하였다.

시술 후 감염방지를 위하여 Lincomycine(Lincocin[®], 한국업존)을 3일간은 2cc씩, 2일간은 1cc씩 근육주사 하였다.

골에 6mm직경의 구멍을 형성한 후 6mm직경의 임프란트를 매식한 경우를 6.0mm군, 5.0mm를 매식한 경우를 5.0mm군, 그리고 3.8mm를 매식한 경우를 3.8mm군으로 구분하였다.

Table 1. Time schedule of Intramuscular injection

	Surgery	2-week	4-week	6-week	8-week	10-week	12-week
8-week	Tc	Tc	Ar	Ar	sacrifice		
12-week	Tc	Tc	Ar	Ar	Cal	Cal	sacrifice

Tc: Tetracycline-Hydrochloride, Ar: Arizarine Red, Cal: Calcein

(2) 형광약제의 투여

골 성장의 시기, 방향 등을 관찰하기 위해 8주군에 Doxycycline[®](유한)과 Arizarin Red S[®](Sigma)를 12주군에는 Doxycycline[®](유한)과 Arizarin Red S[®](Sigma) 및 Calcein[®](Sigma)을 각각 근육내 주사(20mg/kg)하였다.

(3) 조직표본 제작 및 관찰

임프란트 식립 후 4주, 8주, 그리고 12주에 각각 1마리씩 3마리의 실험견을 희생시켰다. 조직표본 제작을 위해 대퇴골을 적출 하여 곧바로 70% Alcohol로 고정하여 조직변화를 최소화하였으며 적출한 대퇴골에 방사선 사진을 촬영하여 임프란트의 장축을 확인한 다음 골 절편을 제작하였다.

골절편을 70% Alcohol에 6일간 고정하고, 흐르는 물에 1일간 수세하여 Villanueva bone stain용액에 3일간 침적하여 염색을 시행하였다. 70%, 90%, 95%, 100% I, 100% II, 100% III, 100% IV에 각 12시간씩 탈수시킨 뒤 Acetone과 Spurr resin의 혼합제로 투명 및 침투를 시행하였다. Spurr resin에 포맷한 뒤 진공상태의 실온에서 2일 동안 방치한 후 70℃ 항온기에서 1일간 처리한 후 실온에서 경화시켰다. 경화된 절편은 Low Speed Diamond Wheel Saw(South Bay

Technology Inc. U.S.A)를 사용하여 80-100 μ m 두께로 절단한 후 그라인더 연마기(Omnilap 2000, South Bay Technology Inc. U.S.A)를 사용하여 20 μ m 두께로 연마한 후 덮개유리로 봉합하였다. 형광물질의 보호를 위해 어두운 상자에 보관 후 광학현미경 및 형광현미경을 이용하여 관찰하였다.

(4) 동요도 측정

동요도와 회전제거력 측정을 위하여 실험견을 8주와 12주에 각각 희생시켰다.

임프란트에서 덮개나사와 차폐막을 제거하고 지대나사를 연결한 후 Periotest[®](Simens AG, Bensheim, Germany)를 이용하여 임프란트와 지대나사의 연결부위에서 상단 2mm부위를 각각 4회씩 측정하였다.

(5) 회전제거력 측정

동요도 검사를 하고 난 후 잘라낸 골 절편을 레진 블록에 고정시켰다. 20cm정도의 쇠파대를 이용하여 중앙에 지대나사와 같은 육각형의 구멍을 형성한 후 나사를 이용하여 측정 시 움직임을 억제 할 수 있도록 만들었다.

만능시험측정기(AUTOGRAPH AGS-1000D

Table 2. Miller's Periotest value

Miller's classification	Periotest value
No movement distinguishable	-8 to +9
First distinguishable sign of movement	+10 to +19
Crown deviates within 1 mm of its normal position	+20 to +29
Mobility is easily noticeable, and the tooth moves more than 1mm in any direction or can be rotated in its socket	+30 to +50

SERIES[®], JAPAN)를 down-load가 100kg의 힘이 되게 하였고, 분당 3mm정도 하방으로 작용하도록 조절하였다. 쇠파대의 구멍 중앙에서 1cm정도 부위에 힘을 가하게 하여 측정하였으며 나선형의 임플란트가 처음 풀리는 기시점의 값을 회전제거력의 측정값으로 삼았다.

III. 연구성적

1. 조직학적 소견

(1) 직경 3.8mm 임플란트 매식군

매식 4주의 경우, 상부의 피질골을 관통하여 하부의 피질골에 접촉되어 있는 임플란트 주위로 골 표면으로부터 연조직들이 함입되어 있었고, 하부의 해면골의 일부에서는 골 피사의 양상이 관찰되었다(Table 3, Figure 1).

매식 8주의 경우, 피질골 관통부위에서는 주로 상당수의 골수강과 하버시안 관을 포함하는 치밀골로 임플란트와의 사이에 약간의 간격을 두고 접합되어 있었으며, 하부는 해면골에 의하여 부착되어 있었는데 그 골의 부착 방향이 임플란트에 직각방향으로 배열되어 있었다(Table 3, Figure 2).

매식 12주의 경우, 임플란트의 상부는 광학현미경 상으로 주위의 골들과 상호 구별 할 수 없는 치밀골의 형태이나 상당수의 간질조직을 포함하고 있는 성숙 골에 의하여 주위조직과 긴밀한 접촉 관계를 보이며, 그 직하부는 소수의 치밀골의 하방성장과 해면골에 의하여 접합되어 있었다(Table 3, Figure 3).

(2) 직경 5.0mm 임플란트 매식군

매식 4주의 경우, 임플란트는 표면으로부터 연조직 계면 및 골 계면을 포함하여 주위 조직에 지지된 형태로 관찰되었으나, 임플란트의 전 계면을 따라서 임플란트로부터 분리된 금속 띠를 포함하는 임플란트와 주위조직 계면 사이의 간격을 확인 할 수 있었고, 하부에서는 피질골로부터 아주 소량의 미성숙 골들이 임플란트를 향하여 하방으로 성장해 가는 양상을 볼 수 있었으나 골 형성에 의한 임플란트와 골과의 부착 조건은 볼 수 없었다. 임플란트의 상부에서는 대퇴골 표면의 증식한 골막에서부터 발생된 미성숙 골과 피질골의 절개면에서 형성된 것으로 보이는 미성숙 골주들이 임플란트의 계면에 섞여서 부착되어 있었다(Table 3, Figure 4).

매식 8주의 경우, 임플란트는 동심원상의 동심원 추판에 의하여 둘러싸인 하버시안 관이 잘 발달된

Table 3. Implant-bone contact and bone maturity over time

diameter	implant-bone contact bone maturity	site	4-week	6-week	12-week
3,8mm	implant-bone contact	cortical	-	-	+
		medullary	-	+/-	+
	bone maturity	*	*	**	
5,0mm	implant-bone contact	cortical	-	+/-	+
		medullary	+/-	+	+
	bone maturity	*	**	**	
6,0mm	implant-bone contact	cortical	+	+	+
		medullary	+	+	+
	bone maturity	*	**	**	

- : no contact, +/- : incomplete contact, + : contact

* : immature, ** : mature

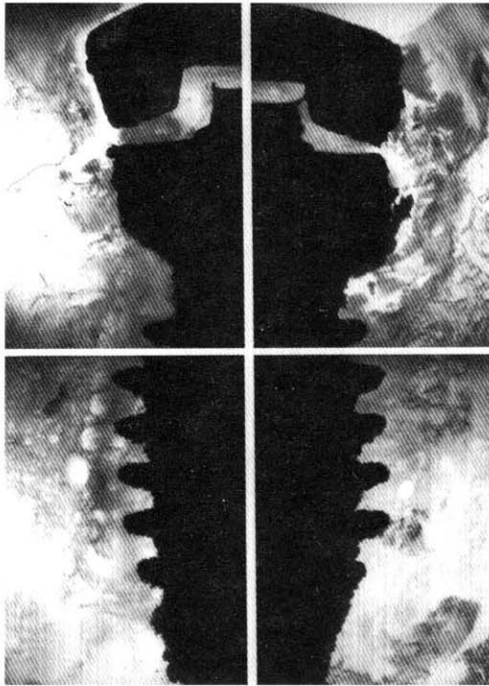


Figure 1. Micrographs of 3.8mm implant after 4 weeks (Villanueva stain, $\times 40$).

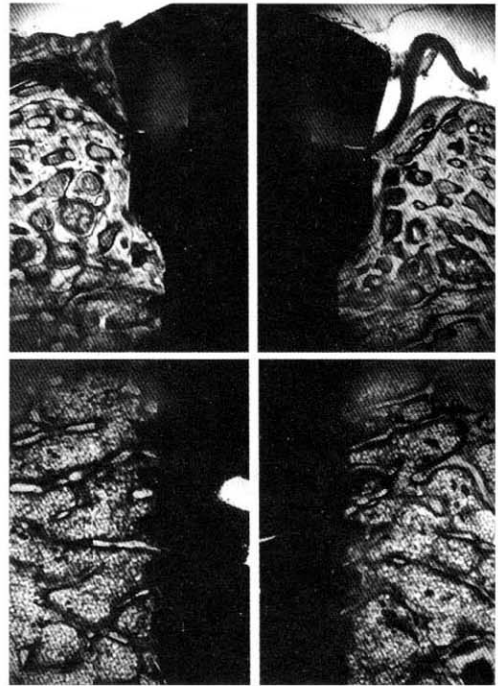


Figure 2. Micrographs of 3.8mm implant after 8 weeks (Villanueva stain, $\times 40$).

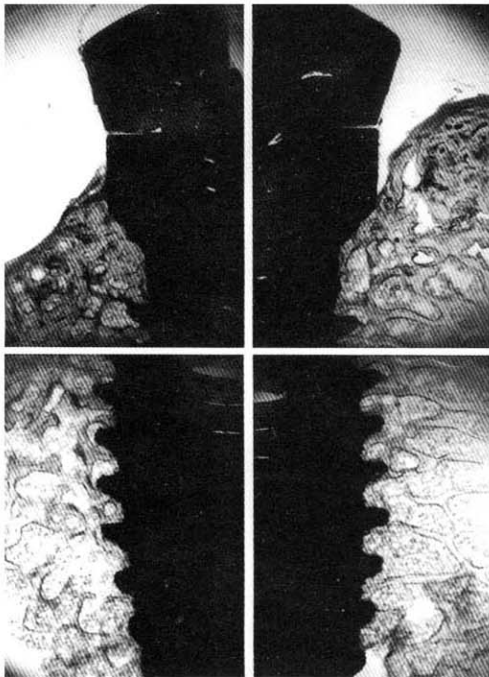


Figure 3. Micrographs of 3.8mm implant after 12 weeks (Villanueva stain, $\times 40$).

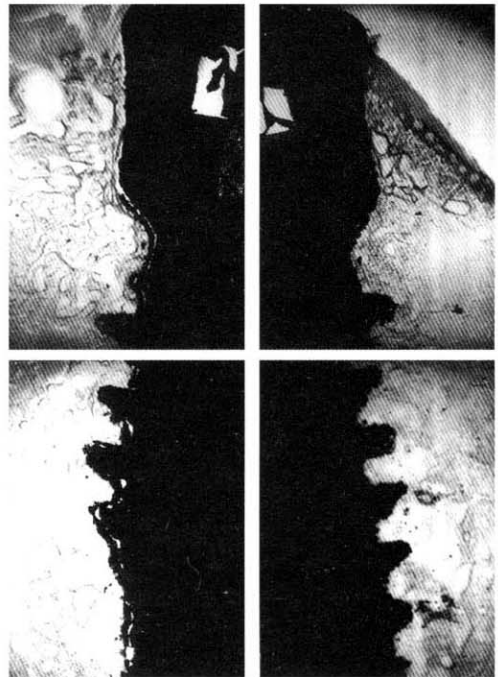


Figure 4. Micrographs of 5.0mm implant after 4 weeks (Villanueva stain, $\times 40$).

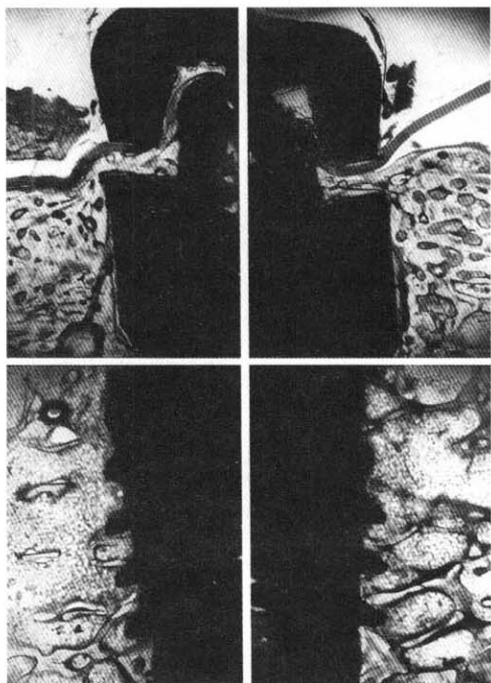


Figure 5. Micrographs of 5.0mm implant after 8 weeks (Villanueva stain, $\times 40$).

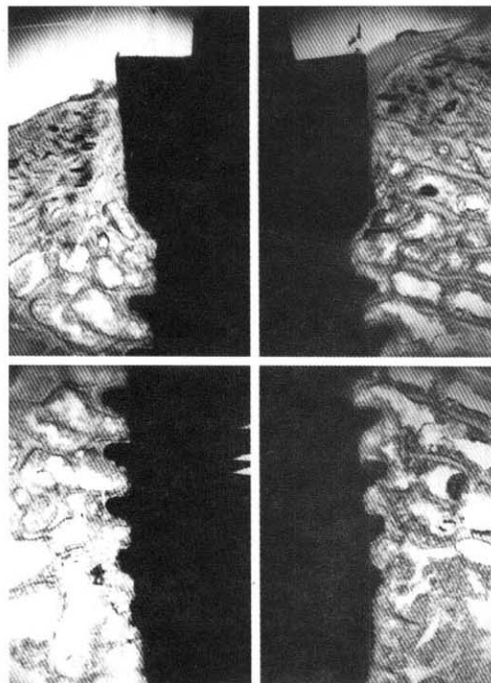


Figure 6. Micrographs of 5.0mm implant after 12 weeks (Villanueva stain, $\times 40$).

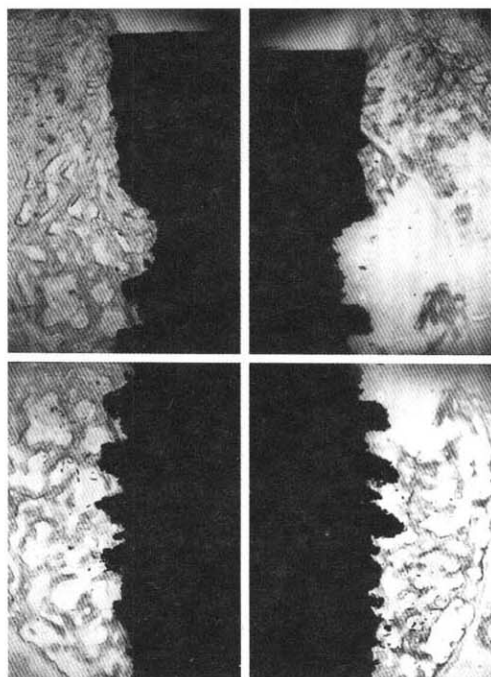


Figure 7. Micrographs of 6.0mm implant after 4 weeks (Villanueva stain, $\times 40$).

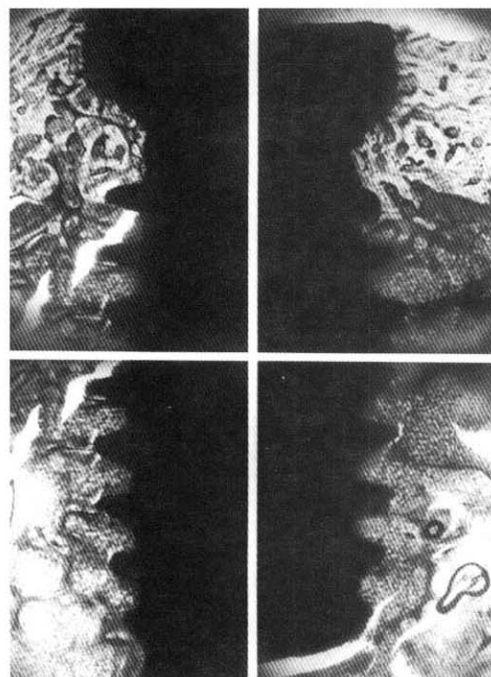


Figure 8. Micrographs of 6.0mm implant after 8 weeks (Villanueva stain, $\times 40$).

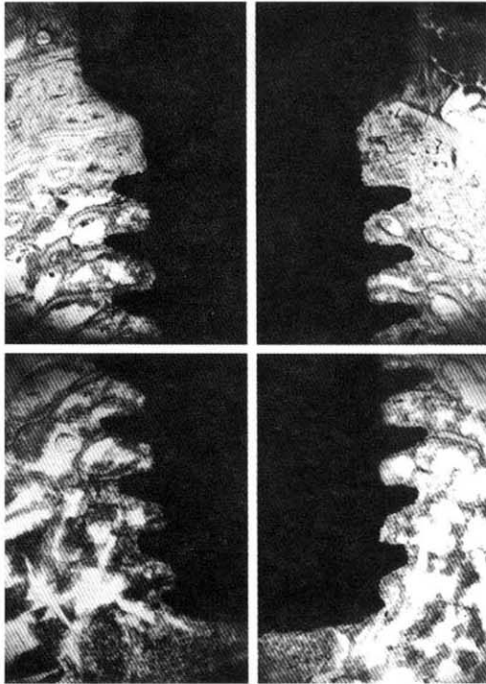


Figure 9. Micrographs of 6.0mm implant after 12 weeks (Villanueva stain, $\times 40$).

성숙 치밀골에 의하여 잘 지지되고 있었으며, 그 하부는 치밀골에서 뺏어 나온 형태로 임프란트에 직각 방향으로 배열된 해면골에 의한 접합 소견을 볼 수 있었다(Table 3, Figure 5).

매식 12주의 경우, 임프란트의 상부는 성숙 치밀골, 하부는 해면골에 의해 접촉되어 있었다(Table 3, Figure 6).

(3) 직경 6.0mm 임프란트 매식군

매식 4주의 경우, 임프란트는 다수의 골세포를 포함하며 골수강은 거의 관찰되지 않는 상부의 피질골을 관통하여 하부의 피질골에 매식되어 있었으며, 그 상 하부 피질골사이에 산재된 불규칙한 형태의 해면골을 관찰 할 수 있었으나, 임프란트와 조직의 계면 사이에 염증 소견이나 연조직의 내부증식은 관찰되지 않았다. 상부의 피질골 관통부위에서는 피질골의 하방성장으로 형성된 것으로 관찰되는 미성숙 골의 골소주들이 대체적으로 임프란트의 면에 평행한 형

태로 형성되어 임프란트에 직접 접촉되어 있었으나, 하부의 수질부위에서는 임프란트 주위에 소수의 해면골들이 관찰되나 이들이 임프란트 계면에 접촉된 소견은 볼 수 없었다(Table 3, Figure 7).

매식 8주의 경우, 임프란트의 피질골 관통부위에서 광학현미경상으로는 계면의 미성숙골이나 간격을 거의 구분 할 수 없을 정도로 치밀골에 의하여 임프란트에 접촉되어 있었으며, 그 치밀골은 골수강이 거의 소실되고 부위에 따라서 상당수의 하버시안관이 형성된 형태로 관찰되었다. 임프란트의 수질부위는 골면에서 임프란트로 성장하는 소량의 해면골에 의하여 지지되어 있었다(Table 3, Figure 8).

매식 12주의 경우, 임프란트의 피질골 관통부위에서는 간질조직들을 거의 관찰 할 수 없을 정도로 성숙한 치밀골에 의하여, 수질부위는 성숙 골소주에 의하여 지지되어 있었다(Table 3, Figure 9).

2. 형광현미경적 소견

8주 5.0mm군의 경우, 임프란트와의 접합부에 무세포대(acellular layer)로 보이는 암적색의 임프란트 장축에 평행한 형광대와 더불어 신생골 형성을 나타내는 적색의 가느다란 선사의 형광대가 관찰되었고, 임프란트와 약간 떨어진 부위의 골주의 동심원상의 형광대와 활발한 골개조를 암시하는 노란색의 불규칙한 선상의 형광대들을 다수 관찰 할 수 있었고(Figure 10a), 해면골에서도 골변연부에 소수의 형광대와 골내부에 선상의 형광대들을 다수 관찰 할 수 있었다(Figure 10b).

8주 6.0mm군의 경우, 임프란트 상부의 피질골에 의해 지지된 부위에서 골과 임프란트의 접합부에서 반원 혹은 타원형의 적색 형광대가 관찰되었고 계면과 떨어진 골부위에서는 골수강 부위와 하버시안계통으로 보이는 부위에 적색 및 노란색의 동심원상의 형광대와 다른 여러 지역에서 직선 혹은 곡선 형태의 진한 형광대를 관찰 할 수 있었다(Figure 11).

12주 3.8mm군의 경우, 상부(Figure 12a) 및 하부(Figure 12b)에서 해면골의 골개조를 나타내는 형광대를 다수 관찰 할 수 있었다.

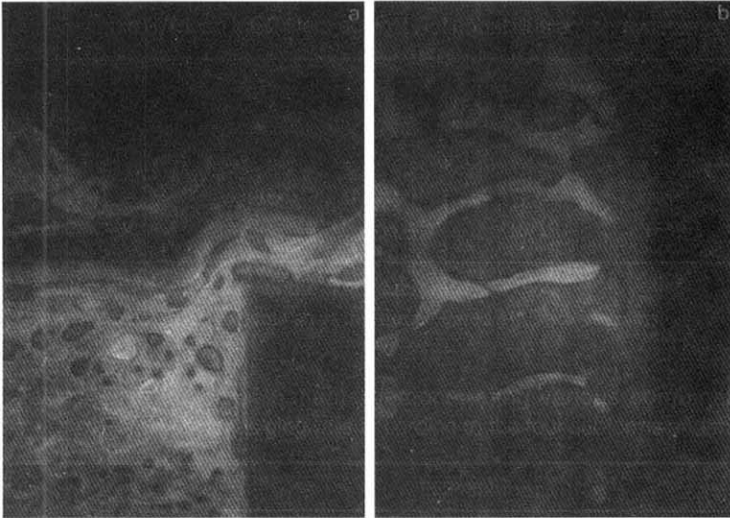


Figure 10. Fluorescent microscopic findings of 5.0mm implant after 8 weeks($\times 40$).
a: cortical portion, b: medullary portion

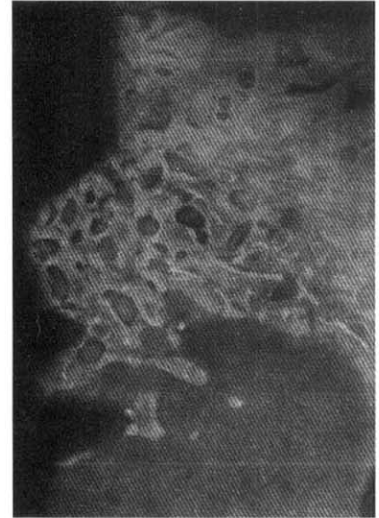


Figure 11. Fluorescent microscopic finding of 6.0mm implant after 8 weeks($\times 40$)

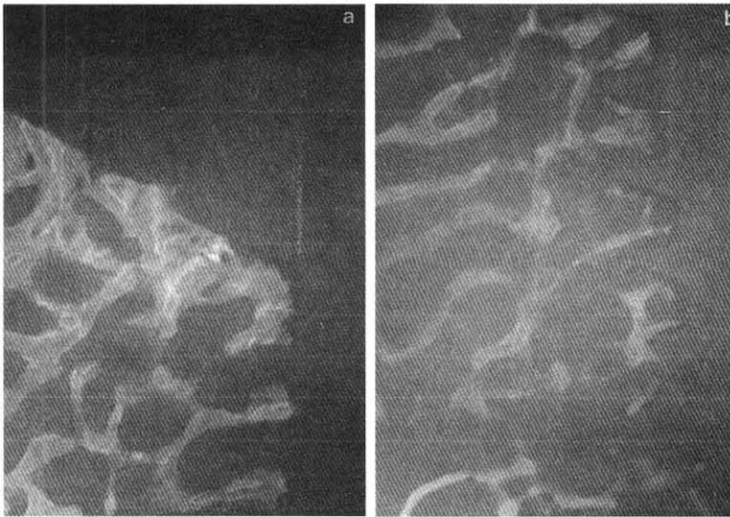


Figure 12. Fluorescent microscopic findings of 3.8mm implant after 12 weeks($\times 40$).
a: cortical portion, b: medullary portion

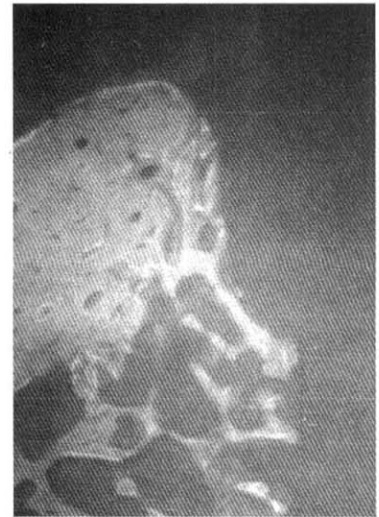


Figure 13. Fluorescent microscopic finding of 5.0mm implant after 12Weeks($\times 40$)

12주 5.0mm군의 경우, 임플란트 인접부 일부를 제외하고는 골형성이 이루어지지 않는 골의 성숙 양상이 관찰되었다(Figure 13).

12주 6.0mm군의 경우 역시 임플란트와의 접촉부에 소수의 형광대와, 상부의 치밀골과(Figure 14a), 하부의 해면골 인접부 및 해면골의 일부에서 골형성

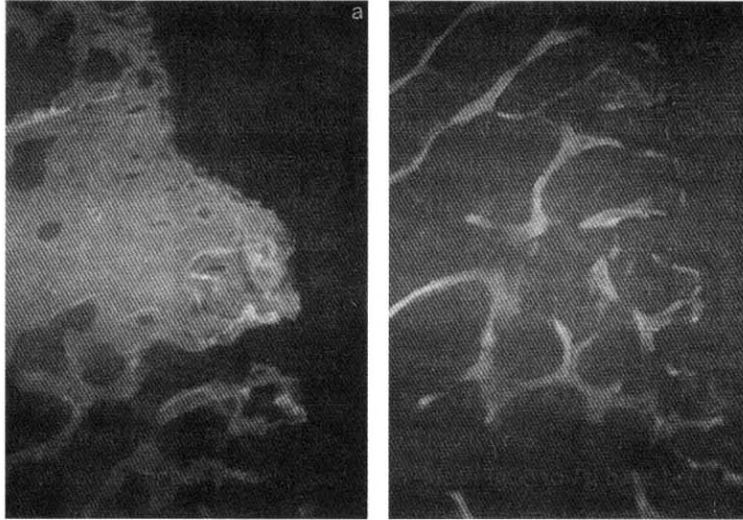


Figure 14. Fluorescent microscopic findings of 6.0mm implant after 12 weeks (X 40).

a: cortical portion, b: medullary portion

과 골개조를 나타내는 형광대를 관찰 할 수 있었다 (Figure 14b).

매식 8주 및 12주에선 6.0mm군, 5.0mm군 및 3.8mm군 모두 동요도가 안정된 상태를 나타냈다.

3. 동요도 비교

실험견을 8주와 12주에 각각 희생시킨 후 임프란트의 동요도를 측정된 결과, 6.0mm군, 5.0mm군, 및 3.8mm군 모두 시간 경과에 따라 동요도가 감소되는 경향을 보였다(Table 4).

4. 회전제거력 비교

골밀도 측정을 위하여 8주와 12주에 희생시킨 실험견에서 회전제거력 측정을 한 결과, 6.0mm군, 5.0mm군 및 3.8mm군 모두 시간 경과에 따라 회전제거력이 증가되는 경향을 보였다(Table 5).

Table 4. Periotest® value

group	8-week	12-week
6.0mm	-6.50±0.5345	-8.00±0.0000
5.0mm	-5.13±0.3536	-7.38±0.5175
3.8mm	-4.50±0.5345	-6.88±0.8345

Table 5. Removal torque gauge(Unit:Ncm)

group	8-week	12-week
6.0mm	19.60±2.8284	91.55±8.6974
5.0mm	10.05±0.7071	53.60±2.8284
3.8mm	5.70±0.2121	12.00±2.1213

매식 8주 후에는 6.0mm군, 5.0mm군, 그리고 3.8mm군 모두 회전제거력이 불안정한 상태를 나타냈으나, 12주 후에는 간격이 없는 6.0mm군에서만 안정된 상태를 나타냈을 뿐 간격이 있는 5.0mm군과 3.8mm군에서는 불안정한 상태를 나타냈다.

IV. 총괄 및 고안

임프란트가 골내에서 유지되기 위해서는 충분한 양의 치조골과 매식에 적합한 치조골의 형태가 기본적인 요건이라 할 수 있는데, 임플란트와 골의 유착에 있어서 Albrektson²¹⁾은 잘못된 외과적인 수술법, 잘못된 생체재료의 사용, 그리고 조기하중과 같은 요소들이 영향을 끼친다고 보고하였다.

골유착을 잘 얻기 위해서는 초기 안정성이 중요한데 초기 안정성을 증가시키기 위한 방법 중에 임프란트의 표면적을 넓히기 위하여 임프란트 표면에 plasma-spray방법을 이용한다든가 hydroxiapatite를 표면에 부착시키는 방법, 그리고 순수티타늄을 Al₂O₃로 표면을 거칠게 한 다음 부식시키는 방법 등이 있다^{28,29,30)}.

골 유착을 평가하는 방법으로는 동물실험을 통한 조직학적 연구, 방사선학적 검사, Periotest[®]를 이용한 동요도 검사, 그리고 회전제거력을 측정하는 torque test 등이 있다. 그러나 골 유착의 결과는 현미경하에서 조직학적 소견을 통하여 평가할 수 있으나 인간에서는 적용하기 어려우므로 동물실험을 통하여 가능한 바, 본 연구에서는 성견의 대퇴골을 이용하여 골과 임프란트 계면사이의 골 치유반응을 평가하였다.

골에 대한 조직학적 소견을 살펴보면, 골의 외측에는 조밀한 피질골이 있고 내측에는 해면골과 골수강이 있으며, 치밀골이나 해면골은 현미경으로 관찰시 층판으로 구성되어 있어 조직학적으로 동일하다고 할 수 있고, 세망섬유성골이 적절한 환경에서 기능을 할 수 있는 층판골로 대체되기 위해서 인간에서는 17주, 개의 경우 12주, 그리고 토끼에서는 6주정도 소요³¹⁾되는데, Murray 등¹⁵⁾은 골의 새로운 성장은 혈병이 존재하고, 골아세포가 보존되고, 생활조직과 접

촉 되어 하는 3가지 요인이 충족되어야 한다고 하였다. 또한 Robert³¹⁾는 임프란트 시술 후 토끼 경골의 치밀골 부위에서 세망섬유성골이 임프란트 표면까지 형성되는데 약 2주가 소요되고 다음 단계인 층판골이 형성되는데 2주에서 6주의 기간이 필요하다고 하였으며 사람에서는 초기 6주에 세망섬유성 막상골이 형성되고, 층판골 형성에 12-18주, 그리고 성숙골이 되기 위해서는 18-54주 정도 소요된다고 하였다.

골은 골막, 골수, 골내막, 또는 혈액으로부터 유래한 세포들에 의해서 형성될 수 있으며 그 중에서도 골막과 골내막의 주된 기능은 골 조직에 영양을 공급하고, 골의 성장과 치유시 새로운 조골세포를 계속 공급하는 예비창고 역할을 하는데³²⁾, 이러한 이유로 Roberts³¹⁾는 수술시 골막의 내층이 다량 손실되면 골막의 외층이 존재하더라도 골의 재형성에 커다란 영향을 준다고 하였다.

임프란트의 성공에 영향을 주는 또다른 중요 요인으로는 골의 양과 질을 들 수 있는데 Jensen³³⁾은 임프란트를 식립하기 위한 부위를 길이는 10mm이고, 넓이는 6mm이며 골의 질과 밀도가 좋은 상태인 A site, 길이가 7에서 10mm이며 넓이가 4mm이고 골질은 만족할만한 상태인 B site, 길이가 7mm이하에 넓이가 4mm이하여서 임프란트를 50%밖에 포함할 수 없는 상태이고 골의 질과 밀도가 불량한 상태인 C site, 임프란트를 50%이하만 감쌀 수 있고 골의 질과 밀도가 불량한 상태인 D site, 이렇게 골의 질과 양을 병행하여 4종류로 분류하였으며 이러한 골의 양과 질에 따른 부위의 분류는 치료 계획뿐만 아니라 임프란트 식립에 관한 다른 학문분야와의 상호 연계에도 도움을 준다고 하였으며 그 중에서도 골의 질, 즉 치밀골의 두께나 해면골 부위의 밀도는 초기고정에 커다란 영향을 주어서 골유착의 정도와 기간에 영향을 끼치게 되는데³³⁾, 본 실험에서는 Class IV형의 골 질과 유사한 형태로 인위적으로 형성하여 골 치유반응을 평가하였다.

본 실험에서 임프란트 매식 4주 후 3.8mm군의 경우 연조직의 하방 성장으로 인하여 하부의 해면골에서 일부 골 피사가 관찰되었는데 이것은 골과 임프

란트계면사이의 간격이 가장크기 때문에 차폐막에 의한 차단이 확실히 되지 않았다고 볼 수 있으며 향후 실험에서는 연조직의 하방성장을 확실히 막아줄 수 있는 또 다른 방법의 막 술식이 필요하지 않겠나 생각해 볼 수 있으며, 5.0mm군에서도 골막에서 골형성이 관찰되었는데 이것은 차폐막의 확실한 고정 이 되지않고 골막 상방에 위치하여 이러한 결과가 발생된 것으로 사료된다. 매식 4주 후 5.0mm군과 6.0mm군에서 미성숙 골소주들이 발생하였고, 골과 임프란트계면 사이에는 직접적인 접촉을 보여주지 못하였는데, 이것은 Jansen 등³⁴⁾의 시술4주 후 임프란트 주변에 미성숙단계의 세망막상골이 관찰되고 직접적인 부착이 없었다는 보고와 유사하였다. 본 실험 4주 후 5.0mm군에서 피질골로부터 소량의 미성숙골들이 하방 성장해 가는 양상을 보여주었는데, 이것은 허와 정 등³⁵⁾의 실험결과와 유사하였다.

임프란트 매식 8주의 경우, 3.8mm군과 5.0mm군에서 임프란트 하부에서 임프란트에 직각방향으로 배열된 해면골에 의해 접합되어 있었다는 것을 제외하고, 모든 군에서 하부 수질부위에서는 해면골에 의해 그리고 상부 피질부위에서는 성숙한 치밀골에 의해 임프란트와 접촉되어 있음을 관찰 할 수 있었는데, 이것은 Jansen 등³⁴⁾의 8주후에 성숙된 2차 골원이 나타난다는 보고와 유사하였다.

임프란트 매식 8주 후 5.0mm군의 형광현미경적 소견의 경우, 동심원상의 동심원추관 형태의 형광대를 관찰 할 수 있었는데, 이것은 한과 조³⁶⁾의 결과와 유사하였으며, 시간이 경과됨에 따라 임프란트 인접부 일부를 제외하고는 골형성이 이루어지지 않는 골의 성숙한 양상이 관찰되었다. 그리고 골과 임프란트 계면사이에 존재하는 무세포층이 관찰되었는데 이에 대해서는 탈회표본이나 전자현미경적 관찰을 통하여 지속적으로 연구되어야 할 것으로 사료된다.

임프란트 매식 12주의 경우 모든 군에서 아주 성숙된 치밀골이 임프란트와 직접적으로 부착되어 있는 양상을 나타냈고, 이것은 Han과 Han³⁷⁾ 그리고 Schenk²⁹⁾가 보고한 결과와 유사하였다.

Jansen 등³⁴⁾은 티타늄 임프란트 매식 12주 후에 수질부위에서 거의 완벽하게 새로운 골이 생성되어 임

프란트계면을 둘러싼다고 보고하였는데, 이것은 본 실험 광학현미경 소견 중 12주군에서 하부의 수질부에서 해면골이 성숙된 양상을 보여준 것과 유사하였다.

본 실험 12주 6.0mm군 형광현미경적 소견에서 임프란트와의 접합부에 소수의 형광대와 상부의 치밀골과 하부의 해면골의 인접부 및 해면골의 일부에서 골형성과 골개조를 나타내는 형광대를 관찰 할 수 있었는데, 이것은 허와 정 등³⁵⁾의 결과와 유사하였다.

동요도를 측정하기 위하여 개발된 Periotest²⁾는 Schulte 등^{38,39)}에 의해 소개되었는데 측정물체에 1초에 4회씩, 4초간 총 16회에 걸쳐 8gm의 동적인 충격을 가하여 접촉시간과 감속을 계산하여 피검체의 동요도를 측정하는 기구이며 수치는 -8에서 +50까지의 범위로 표시된다.

이 기구는 객관적으로 동요도를 정량화 할 수 있어 자연치나 임프란트의 동요도 측정에 사용되어져 왔는데, 특히 골 위축에 대한 정확한 정보를 제공 할 수 있으며⁴⁰⁾, 임프란트 주변의 염증이나 골의 괴사에 의한 골 흡수 또는 골 치유 지연과 관련되어 섬유성 결합조직의 개체에 의한 골 유착에 방해되는 요소들을 알아낼 수 있다^{39,41)}.

Periotest value(PTV)에 영향을 주는 요인들은 물체의 탄성계수와 표면경도, 임프란트 주변조직, 지대나사의 길이 등이며, 동일인이라 할지라도 부위에 따라서 즉 하악공에 근접부위에서는 PTV가 다양하게 나타나게 되며, 월경기간, 임프란트의 길이, 기능이 해진 시간의 길이 등은 영향을 주는 요인이 아니다⁴²⁾.

치주조직이 건강한 자연치의 평균 PTV는 +1.5에서 +7인데⁴²⁾, Teerlinck 등⁴²⁾은 하악골에서 임프란트 시술 6-42개월 후에 평균 PTV가 -1.74였다고 보고하였으며, Chavez 등³⁸⁾은 하악골에 임플란트를 식립한 지 2 내지 24개월 후에 PTV가 -6에서 +2까지의 범위를 나타내는데 이것은 in vitro에서 임프란트 동요가 각각 0.038mm, 0.113mm(평균 0.066mm)에 해당되었다고 보고하였다.

골 유착의 임상적인 성공과 실패에 대하여 Schulte 등³⁹⁾은 PTV를 +10을 기준으로 제시하였으며 Chavez 등³⁸⁾은 +6이상인 경우를 임프란트의 안정성을 위해

하는 심각한 경우로 생각하였고, Olive 등⁴³⁾은 실패한 임프란트의 약 67%에서 초기 PTV가 +4이상이었다고 보고하였다.

PTV가 낮게 나타난다는 것은 임프란트 주변골의 피질골화를 의미하는데⁴³⁾, 본 실험 결과, 매식 8주 후부터는 공히 모든 군에서 -4이하를 나타냈다. 이러한 수치는 Miller의 분류법에 따르면 어떠한 동요도도 발견 할 수 없는 양호한 상태를 나타낸 것으로 조직학적 소견에서 밝혀진 것처럼 시간이 경과됨에 따라 임프란트와 접촉되는 부위에서 골이 성숙됨으로 인해서 동요도가 더욱 감소된 것으로 사료된다.

초기 고정은 골과 임프란트사이의 적절한 골 유착을 형성하는데 중요한 인자들의 하나로서 회전제거력을 측정함으로써 평가될 수 있는데, Johansson 등⁴⁴⁾이 시도한 이후로 최근에 널리 사용되고 있다.

회전제거력에 영향을 끼치는 요소로는 매식부위의 골질, 임프란트 재료의 생체 적합성, 임프란트가 매식될 조직의 상태, 임프란트의 형태 및 표면의 상태, 그리고 초기 고정 등이다⁴⁵⁾.

임프란트 매식 후 4주 내에 회전제거력을 측정할 경우 임프란트가 골에 형성된 나사를 따라 회전하면서 빠져 나오지를 못하며 임프란트의 나사 사이에 생긴 신생골 자체가 그대로 빠져 나와 정확한 평가를 할 수 없으므로⁴⁶⁾, 본 실험에서는 4주에서의 회전제거력을 측정하지 않았다.

Carlson과 Rostlunt 등⁴⁷⁾은 임프란트의 표면 성질에 따른 회전제거력을 측정하였는데, 거칠은 표면을 갖는 임프란트(26.4Ncm)와 평활한 표면을 갖는 임프란트(17.2Ncm)에서 회전제거력을 비교하여 임프란트의 표면이 거칠은 경우에 보다 강한 회전제거력이 필요하며, 회전제거력이 증가한다는 것은 골과 임프란트의 계면사이의 접촉 양이 증가되는 것을 의미한다고 보고하였다.

Ueda 등⁴⁸⁾은 직경 3.75mm, 길이 4.0mm의 임프란트를 이용하여 임상에 적용 할 수 있는 적절한 회전력을 제시하고자 하였는데, 골에 생긴 나사가 파절되는 파절점이 피질골과 망상골에서 양쪽에 존재하는 경우에는 평균 77.0Ncm, 한쪽에만 존재하는 경우에는 평균 57.7Ncm이며 회전제거력은 삽입회전력보

다 항상 낮다고 보고하였는데, 삽입회전력이 지나치게 강하면 임프란트 주위 골에 미세한 파절이 발생되어 골 유착이 깨질 수 있다고 보고하였다.

인간을 대상으로 한 삽입제거력에 관한 연구로서, Tjellstrom 등⁴⁹⁾은 순수 티타늄 임프란트를 측두골의 유양돌기(mastoid region)에 식립하여 3개월 후에 측정된 평균 회전제거력은 40.9Ncm이며 골에 대한 접촉률은 34.7%라고 하였고⁴⁴⁾, Jacobsson 등⁴⁹⁾은 42.7Ncm라고 보고하였다.

Albrektson⁴⁹⁾은 임프란트 매식 3개월 후의 평균 회전제거력은 68Ncm라고 하였고 시술 3개월 이후부터 12개월까지는 통계적으로 유의성이 없는 정도의 미세한 증가만이 있다고 보고하였다.

본 실험에서 임프란트와 주위 골 사이에 간격이 좁으면 시간이 지남에 따라 회전제거력이 현저하게 증가되었고, 3.8mm군과 같이 간격이 넓으면 미약하게 증가되었다. 이러한 결과를 통하여 볼 때, Lindstrom 등²⁷⁾이 골 질의 상태가 좋지 않을 경우에는 2차 수술의 시기를 늦춰야 한다고 보고한 것처럼, 골과 임프란트 계면사이의 간격이 넓을수록 만족할만한 골 유착률을 얻기 위해선 보다 오랜 치유기간이 필요하다는 것은 당연하다 하겠다.

Sennerby 등⁵⁰⁾은 회전제거력에 영향을 주는 요소로서 골의 질도 중요하다고 하면서 임프란트에 대하여 해면골의 피개량보다 치밀골에 의한 피개량이 고정력에 더 영향을 준다고 보고하였는데 조직학적 소견과 관련되어 생각해보면 시간이 경과됨에 따라 골 성숙도가 향상되므로 회전제거력도 높아졌음을 알 수 있었다.

그러나 회전제거력 측정치를 동요도 측정치와 관련시켜볼 때, PTV가 매식 8주 후 소견부터 선학들의 연구와 유사한 결과를 얻었으나 회전제거력을 측정할 경우 특히 매식 12주 후에도 3.8mm군에서는 매우 낮게 나타난 바 향후 동요도 검사와 회전제거력 검사에 관한 상관관계를 연구해 볼 필요가 있을 것으로 사료된다.

본 연구는 임프란트와 골과의 긴밀한 직접적인 접촉이 없어 초기 안정성을 얻을 수 없는 상태에서 시간 경과에 따른 골 치유반응을 관찰한 것으로, 임프

란트와 주위 골 조직 사이에 간격이 있다 할지라도 시간이 지남에 따라 조직학적으로는 피질골과 해면골이 성숙되었고, 동요도의 수치도 감소되었으며, 그리고 회전제거력이 증가된다는 것을 알 수 있었는데, 이러한 것들은 임플란트와 주위 골 사이의 접촉표면이 양적인 면에서나 질적인 면에서 향상되었음을 의미하는 것이라 사료된다. 향후 임플란트와 골 사이의 유기물질에 관한 연구, 그리고 티타늄이외의 임플란트 표면물질들과 골치유반응에 관한 지속적인 연구가 필요할 것으로 사료된다.

V. 결론

임플란트가 주위 골과 직접적인 접촉이 없으며 조직 비흡수성 차폐막에 의해서 유지되는 상황에서 골과 임플란트 사이의 간격에 따른 초기 골 치유반응을 평가하기 위하여 5마리의 잠종 성견 대퇴골에 직경 6mm, 길이 8mm의 구멍을 각각 3개씩 형성하고 길이 8mm이고 직경 6.0mm, 5.0mm 및 3.8mm의 나선형 티타늄 임플란트(Steri-Oss®) 21개를 식립하였다. 3마리는 형광현미경적 검사를 위하여 2주 간격으로 Doxycycline, Arizarin Red S, 그리고 Calcein 순서로 근육에 주사하였으며, 매식 4주, 8주 및 12주 후에 희생시켜 Villanueva 염색을 시행하여 조직학적으로 관찰하였고, 2마리는 매식 8주와 12주 후에 각각 희생시켜 동요도 검사(Periotest®: Simens AG, Bensheim, Germany) 및 회전제거력 검사(Autograph AGS-1000D series®, Japan)를 시행하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 골과 임플란트의 간격이 클수록 주위 골의 성숙도가 낮았고 골 유착이 늦게 나타났으며, 시간 경과에 따라 임플란트 주위 신생골주의 방향이 평행에서 직각으로 전환되면서 간격이 소실되었다.
2. 임플란트의 동요는 시간이 경과함에 따라 감소되는 경향을 보였으나, 임플란트와 골사이의 간격이 넓을수록 동요의 감소정도가 적었다.
3. 임플란트의 회전제거력은 시간이 경과함에 따

라 높아지는 경향을 보였으나, 임플란트와 골사이의 간격이 넓을수록 회전제거력의 증가정도가 적었다.

이상과 같은 결과는 임플란트가 주위 골에 의해 초기 안정성을 얻을 수 없는 상황에서도 골유도재생술과 더불어 사용할 경우 시간이 경과함에 따라 골 유착이 일어날 수 있음을 알 수 있었지만, 차후 실험에서 2차수술의 시기를 고려하여야 함을 제시하여 주었다.

VI. 참고문헌

1. Maggiolo.: "Le manual de l'art du dentiste, Nancy, 1807. in Lew, I.: Progress in implant dentistry - An elevation", *J. Am. Dent. Assoc.*, 59 : 478-492, 1959.
2. 이동호, 최상목: "치과 임플란트 주위 열개 결손에 대한 차폐막의 유도조직재생에 관한 연구", 「대한치주과학회지」, 제25권, 2호: 301-312, 1995.
3. Becker, W., Becker, B., Handelsman, M., Celliti, R., Ochenbein, C., Hardwick, R., and Anger, B.: "Bone formation at dehiscenced dental implant augmentation material: A pilot study in dogs", *Int. J. Periodont. Rest. Dent.*, 10 : 93-101, 1990.
4. Dahlin, C., Sennerby, L., Lekholm, U., Lindhe, A., and Nyman, S.: "Generation of new bone around titanium implants a membrane technique: An experimental study in rabbits", *Int. J. Oral Maxillofac. Implants*, 4 : 19-25, 1998.
5. Nyman, S., Lang, N., Buser, D., and Brager, U.: "Bone regeneration adjacent to titanium dental implants using guided tissue regeneration: A report of two cases", *Int. J. Oral Maxillofac. Implants*, 5 : 9-14, 1990.
6. 조진희, 방몽숙, 이종호: "성견에서 임플란트 매식시 골 형성 단백질 사용에 따른 골재생에 관한 연구", 「대한보철학회지」, 제4권, 32호: 593-

- 607, 1994.
7. Urist, M. R., and Strates, B. S.: "Bone morphogenic protein", *J. Dent. Res.*, 50 : 1392-1406, 1971.
 8. Becker, W., Becker, B., Ochsenbein, M., Handelsman, M., Albrektsson, T., and Cellete, R.: "Guided tissue regeneration for implants placed into extraction sockets: A study in dogs" *J. Periodontol.*, 62 : 703-709, 1991.
 9. Parel, S. M., and Triplett, R. G.: "Immediate fixture placement: A treatment planing alternative", *Int. J. Oral Maxillofac. Implants*, 5 : 337-345, 1990.
 10. 지재휴, 여환호, 윤광철: "상악동거상술을 동반한 임플란트시술 : 증례보고", 「구강생물학연구」 제2권, 16호: 45-52, 1997.
 11. Kent, J. N., and Block, M. S.: "Simultaneous maxillary sinus floor bone grafting and placement of hydroxyapatite-coated implants", *J. Oral Maxillofac. Surg.*, 47 : 238-242, 1989.
 12. Netts, N. J., and Milord, M.: "Modification of the sinus lift procedure for septa in the maxillary antrum", *J. Oral Maxillofac. Surg.*, 52 : 332-333, 1994.
 13. Resenquist, B.: "Fixture placement posterior to the mental Foramen with transpositioning of the inferior alveolar nerve", *Int. J. Oral Maxillofac. Implants*, 7 : 45-50, 1991.
 14. Simon, M., Baldoni, M., and Zaffe, D.: "Jaw bone enlargement using immediate implant placement associated with a split-crest technique and guided regeneration", *Int. J. Periodont. Res. Dent.*, 12 : 463-473, 1992
 15. Murray, G., Hold, R., and Roachlau, W.: "Experimental and clinical study of new growth of bone in a cavity", *Am. J. Surg.*, 93 : 45-54, 1957.
 16. 전영석, 한동휴: "성견에서 Titanium plasma sprayed 임플란트에 가해진 조기 기능하중의 골유착 및 골형성에 미치는 영향", 「대한치과보철학회지」, 제3권, 33호: 550-568, 1995.
 17. 유현석, 박재완, 서조영: "Titanium plasma sprayed implant에 관한 여러 가지 표면처리방법이 implant 표면조도에 미치는 영향", 「대한치주과학회지」, 제3권, 23호: 493-506, 1993.
 18. Cameron, H. U., Pillar, R. M., and Weartherly, G. C.: "The effect of movement on the bonding of porous metal to bonding", *J. Biomed. Mater. Res.*, 7 : 301-311, 1973.
 19. Webber, J. N., and White, E. W. : "A new process for preparing porous ceramic, metal, and polymer prosthetic materials", *Science*, 176 : 922-924, 1972.
 20. Brånemark, P. L.: "Intra-osseous anchorage of dental prosthesis", *Scand. J. Plast. Reconstr. Surg.*, 3 : 81-100, 1969.
 21. Albrektsson, T.: "Direct bone anchorage of dental implants", *J. Prosthet. Dent.*, 50 : 255-261, 1983.
 22. Albrektsson, T., Jansson, T., and Lekholm, U.: "Osseointegrated dental implants", *Dent. Clin. North. Am.*, 30 : 151-174, 1986.
 23. Robert, K., and Bruser, D.: "Osseointegration: a reality", *Periodontology 2000*, 17 : 22-35, 1998.
 24. Misch, C. E., and Judy, K. W. M.: "Classification of partially edentulous arches for implants dentistry", *Int. J. Oral. Implantol.*, 4 : 7, 1987.
 25. Lekholm, U., and Zarb, G. A.: "Patient selection and preparation, In Brånemark, P.-I., Zarb, G. A., Albrektson, T., (eds.): Tissue-integrated prostheses", *Chicago: Quintessence publishing Co., Inc.*, pp. 199-209, 1985.
 26. Block, M. S., and Delgado, A.: "The effect of diameter and length of Hydroxyapatite-coated dental implants on ultimate pull out force in dog alveolar bone", *Int. J. Oral Maxillofac. Surg.*, 48 : 174-178, 1990.

27. Lindstrom, J., Brånemark, P. I., and Albrektson, T.: "Mandibular reconstruction using the preformed autologous bone graft", *Scand. J. Plast. Reconstr. Surg.*, 15 : 29-38, 1981.
28. Boyan, B. D., Schwartz, Z., and Hambleton, J. C.: "Response of bone and cartilage cells to biomaterials in vivo and in vitro", *J. Oral Implantol.*, 19 : 116-122, 1993.
29. Schenk, R. K., Bruser, D., Hardwick, W. R., and Cahlin, C.: "Healing pattern of regeneration in membrane-protected defects: A histologic study in the canine mandible", *Int. J. Oral Maxillofac. Implants*, 9 : 13-29, 1994.
30. Steinemann, S. G.: "Titanium-the material of choice?", *Periodontology 2000*, 17 : 7-21, 1998.
31. Roberts, W. E.: "Bone tissue interfac", *J. Dent. Educ.*, 52 : 804-809, 1988.
32. Scipioni, A., Bruschi, G. B., Giargia, M., Berglundh, T., and Lindhe, J.: "Healing atimplants with and without primary bone contact", *Clin. Oral Impl. Res.*, 8 : 39-47, 1997.
33. Jensen, O.: "Site classification for the osseointegrated implant", *J. Prothet. Dent.*, 61 : 228-334, 1989.
34. Jansen, J. A., Wolke, J. G. C., and Groot, K.: "Histologic evaluation of the osseous adaptation to titanium and hydroxyapatite-coated titanium implants", *J. Biomed. Materi. Res.* 25 : 973-989, 1991.
35. 허남기, 정현주: "성견 대퇴골에 매식된 Titanium Plasma Spray 및 Hydroxyapatite 피복임플란트 주위의 골 치유 양상", 「대한치주과학회지」, 제25권, 2호: 431-452, 1995.
36. 한경호, 조규성: "성견의 치주질환 이환 발치 외에 이식된 Hydroxyapatite 피개이식체 주위의 신생골형성에 관한 연구", 「대한치과이식학회지」 제13권, 36호: 60-81, 1993.
37. Han, CH., and Han, DH.: "A study on shear-bond strength of the interface between bone and titanium plasma-sprayed IMZ implants in rabbits", *Int. J. Oral Maxillofac. Implants*, 9 : 698-709, 1994.
38. Chavez, H., Ortman, L., and DeFranco, R.: "Assessment of oral implant mobility", *J. Prosthet. Dent.*, 70 : 421-426, 1989.
39. Schulte, W., Lukas, D., Maunz, M., and Stepper, M.: "Periotest for measuring periodontal characteristics correlation with periodontal bone loss", *J. Periodont. Res.*, 27 : 184-190, 1992.
40. Schulte, W., Ernst, E., and Lukas, D.: "Periotest values and tooth mobility in periodontal disease: a comparative study", *Quintessence Int.*, 21 : 289-293, 1990.
41. Schulte, W.: "The new Periotest method", *Compend. contin. educ., suppl. No.12* : 410-417, 1990.
42. Teerlink, J., Quiryman, M., and Darius, P.: "Priotest®: An object clinical diagnosis of bone apposition toward implants", *Int. J. Oral Maxillofac. Implants*, 6 : 55-61, 1991.
43. Olive, J., and Aparacio, C.: "The periotest method as a measure of osseointegrated oral implant stability", *Int. J. Oral Maxillofac. Implants*, 5 : 390-400, 1990.
44. Johanson, B., Sennerby, L., and Albreksson, T.: "A removal torque and histomorphologic study of bone tissue reactions to commercially pure titanium and vitallium implants", *Int. J. Oral Maxillofac. Implants*, 6 : 437-441, 1991.
45. Johanson, C., and Albrektsen, T.: "Integration of screw implants in the rabbits. A 1-year follow up of removal torque of titanium implants", *Int. J. Oral Maxillofac. Implants*, 2 : 69-75, 1987.
46. 이준석, 김영수, 김창희: "Titanium Implant의

- Removal Torque에 관한 연구”, 「대한치과보철학회지」, 제32권, 1호: 148-169, 1995.
47. Carlson, Lars., Rostlunt, T., Albrektson, B., and Albrektson, T.: “Removal torque for polished and rough titanium implants”, *Int. J. Oral Maxillofac. Implants*, 3 : 21-31, 1988.
48. Ueda, M., Masuki, M., and Jacobson, M.: “The relationship between insertion torque and removal torque analyzed in fresh temporal bone”, *Int. Oral Maxillofac. Implants*, 6 : 442-447, 1991.
49. Tjellstrom, A., Jacobson, M., and Albrektson, T.: “Removal torque of osseointegrated craniofacial implants: A clinical study”, *J. Oral Maxillofac. Implants*, 3 : 287-289, 1988.
50. Sennerby, L., Thomsen, P., and Ericson, L. E.: “A Morphologic and Biomechanic Comparison of Titanium implants in rabbit cortical and cancellous bone”, *Int. J. Oral Maxillofac. Implants*, 7 : 62-71, 1992.
51. Vrouwenvelder, W. C. A., Groot, C. G., and Groot, K.: “Histological and biochemical evaluation of osteoblasts cultured on bioactive glass, hydroxyapatite, titanium alloy, and stainless steel”, *J. Biomed. Mater. Res.*, 27 : 465-474, 1993.

Healing of the bone around pure titanium implants without primary bone contact

Jae-Hyun Ahn¹, Heung-Joong Kim², Joo-Cheol Park³, Kyung-Yoon Han¹, Byung-Ock Kim¹
Department of Periodontology¹, Department of Oral Anatomy², Department of Oral Histology³
College of Dentistry, Chosun University

Primary fixation is one of the most important factor in establishing adequate osseointegration between implant and bone.

To evaluate the initial healing response of bone around implants without primary bone contact, this study was designed to create considerable space between implant and bone in 5 mongrel dogs, about 1-year old. After 3 holes of 6.0mm in diameter were prepared at the femur neck of the dogs, commercially pure titanium thread type implants(STERI-OSS[®]), 8mm in length and 3.8mm, 5.0mm and 6.0mm in diameter, were inserted. Implants were supported by only nonresorbable membrane(Teflon[®]), and the penetration of upper soft tissue into the gap was inhibited by it. The each implant was positioned in the center of the drilled hole. 9 implants with different diameters were inserted in 3 dogs for histologic observation, and 12 were inserted in 2 dogs for mobility test and removal torque test. Fluorescent dyes were injected in order of Doxycycline, Arizarin Red S, and Calcein at intervals of 2 weeks. At 4-, 8-, and 12-week after placement, 3 dogs were sacrificed for histologic observation, and at 8- and 12-week after placement, 2 dogs were sacrificed for mobility test using Periotest[®] (Simens AG, Bensheim, Germany) and torque test using Autograph AGS-1000D series[®](Japan).

The result were as follows:

1. The wider the gap between bone and implant was, the less bone maturity was, and the later osseointegration was occurred. Trabecular direction of new bone around implant was changed from parallel to perpendicular to the implant, and the gap was filled with new bone, over time.
2. There was a decreasing tendency over time in the mobility of all implants, but the wider gap between bone and implant was, the smaller decrease of the mobility was.
3. There was a increasing tendency over time in the removal torque gauge of all implants, and the wider gap was, the smaller increase of the removal torque gauge was.

The results suggest that osseointegration in case of implant without primary bone contact may be obtained by guided bone regeneration technique with prolonged healing period, but the time of second surgery should be considered carefully.

Key words; osseointegration, primary bone contact, removal torque