

임플란트 직경이 골유착에 미치는 영향에 관한 연구

고대대학교 의과대학 치과학교실 보철과, 네오바이오텍 생체재료연구소*

이준호 · 신상원 · 권상호*

I. 서 론

상실된 치아를 회복하는 방법으로 1965년부터 Brånemark은 임플란트 술식을 시도하였으며 1969년 Brånemark 등¹⁾이 티타늄 금속 표면에 골이 직접 접촉한다는 골유착 개념을 발표하였다. 그후 Adell 등²⁾이 골유착성 임플란트의 10년간의 장기 성공률을 발표한 이후 임상가들에게 관심을 끌었다. 30여년 동안 많은 기초 및 임상 연구가 이루어졌으며 여러 보철 치료 술식 중 하나의 방법으로 안정성이 인정받게 되었다. 이제 임플란트는 치아 결손부를 치료하는 중요한 치과 술식의 하나이며 장기간 평가에서도 좋은 임상 성적을 나타내고 있다.^{3,4)}

하지만 전치부위에 비교해서 하악 구치부위와 상악 구치부위에서 성공률이 저조한 것으로 나타났다.^{5,6)} 이러한 성공률에 차이가 나는 이유 중 하나는 전치부위와 비교해서 구치부위의 해부학적 구조의 한계 때문인데 Saadoun과 LeGall⁷⁾은 깊게 매식된 임플란트는 골유착을 위한 보다 많은 표면적을 제공하기 때문에 높은 성공률을 보인다고 하였다. 구치부의 성공률이 저조한 또 다른 이유로 전치부위보다 상대적으로 좋지 못한 골질과 관련이 있다고 보고 있다. Jaffin과 Berman⁸⁾은 골질이 Type I, II, III의 경우에는 실패율이 3% 였지만 골질이 불량한 Type IV의 경우에는 실패율이 35%로 나타났다고 보고 한 것과 같이 골질이 임플란트를 매식하기에 적당하지 않은 경우이거나 과도한 골 흡수가 있는 경우에 실패할 가능성이 높은 것으로 지적되어왔다. 이에 골의 양을 증가시키기 위한 방법으로 다양한 골 이식과 증

대술이 제안되었고⁹⁾ 적당하지 않은 골질을 극복하기 위해서 임플란트 매식 후 치유 기간을 연장하는 것이 제안되었다.⁹⁾ 또한 임플란트 매식 후 초기 안정성은 일차수술 후 연조직의 개입을 막아 골유착을 성공시키는데 있어 중요한데 이는 임플란트가 양쪽 피질골에 유지되도록 매식함으로써 이룩될 수 있다고 하였다.¹⁰⁾ 이러한 임상적 문제를 해결하기 위한 또 다른 방법으로 1988년 기본형인 직경 3.75-mm Brånemark 임플란트 (Novel Biocare AB, Göteborg, Sweden)보다 직경이 큰 새롭게 디자인된 직경 5.0-mm와 5.5-mm 임플란트가 개발되었다. 임상 적용 후 1993년 Langer 등¹¹⁾은 임플란트의 일차적 안정성을 확보할 수 없는 골량과 골질이 부족한 상황에서 직경이 큰 5-mm 임플란트를 사용할 것과 골유착이 실패한 임플란트 또는 표준형 임플란트가 파절된 경우, 이를 대체하는 방법으로 이용할 것을 제안하였다.

토끼의 경골에 시행한 실험적 연구에서 더 큰 직경의 임플란트에서 높은 제거회전력이 필요한 것으로 나타났는데 이는 임플란트의 표면적이 넓으면 더 많은 피질골과 접촉할 수 있게 되어 초기에 임플란트 안정성을 얻을 수 있다고 보고하였다.¹²⁾ 또한 직경이 큰 임플란트는 상부 보철물을 심미적으로 제작할 수 있는 가능성과 응력을 분산할 수 있다는 구조 역학적 장점이 있다고 하였다.¹³⁾ 하지만 이러한 장점에도 불구하고 Ivanoff 등¹⁴⁾의 3~5년간의 후향적 임상 연구에 의하면 직경 5.0-mm 임플란트의 생존율은 직경 3.75-mm 임플란트보다 못한 것으로 나타났는데 직경이 큰 임플란트의 경우에는 변연골의 상실이

상대적으로 많은 것으로 보고 되었으며 3.75-mm 직경 군에서는 실패율이 5%였으나 5.0-mm 직경 군에서는 실패율이 18% 라고 보고하였다. 또한 Eckert 와 Meraw¹⁹도 직경 5.0-mm 임플란트 실패율이 매식 후 평균 286일에 하악은 19%, 상악은 29%가 된다고 보고하였다.

이에 본 연구는 직경이 큰 임플란트의 식립이 골유착 정도 (quality)에 영향을 미치는가를 직경이 다른 임플란트를 가토에 각각 식립하고 4주와 12주 후에 희생시켜 제거회전력과 전단응력을 측정하고 조직 형태학적 분석을 통해서 알아보고자 하였다.

II. 연구재료 및 방법

1. 연구재료

1) 실험 동물

실험 동물은 체중 3.5kg 내외의 10개월 이상 성장

한 10마리 뉴질랜드 산 흰색 가토로서 실험에 들어가기에 앞서 1주 동안 개별 사육장에서 사육하면서 건강 상태를 살펴 이상 유무를 확인하고 순화 과정을 거친 후에 실험에 사용하였다.

2) 실험 재료

매식된 임플란트(Neobiotech Co., Seoul, Korea)는 나선형 임플란트로서 순수 타이타늄으로 제작된 절삭형 임플란트를 사용하였다. 가토의 좌우측 다리에 각각 매식한 직경 3.75-mm 임플란트와 직경 5.0-mm 임플란트는 각각 30개씩 모두 60 개의 임플란트를 사용하였고 임플란트의 길이는 6mm로 제작하였다 (Table I). 장골에 식립한 20개의 임플란트 (Fig. 1)는 조직 형태 계측학적 분석을 위하여 제작하였으며 경골에 매식한 40개의 임플란트 (Fig. 2)는 제거회전력 측정을 위하여 임플란트 상단부에 홈 (0.7mm 1.5mm)을 형성하고 임플란트 하단부까지 동일한 나선형이 유지되도록 제작하였다. 실험에 사

Table I. Classification of experimental implants

Diameter	Implant design	Number of implant	Total
3.75-mm	for removal torque test	20	30
	for histomorphometric analysis	10	
5.0-mm	for removal torque test	20	30
	for histomorphometric analysis	10	

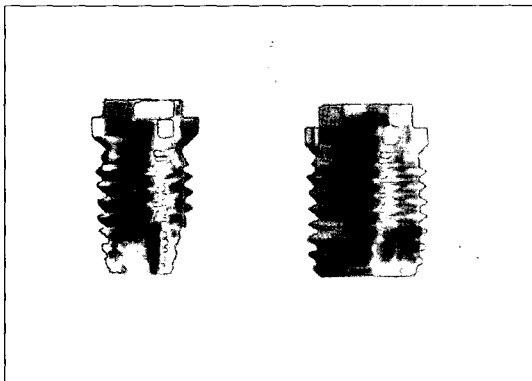


Fig. 1. Femoral implants designed for histomorphometric analysis.

Table II. Design of experimental implants

(unit : mm)			
Outer diameter	Inner diameter	Mean diameter	Pitch height
3.75	3.05	3.4	0.6
5.0	4.3	4.65	0.6

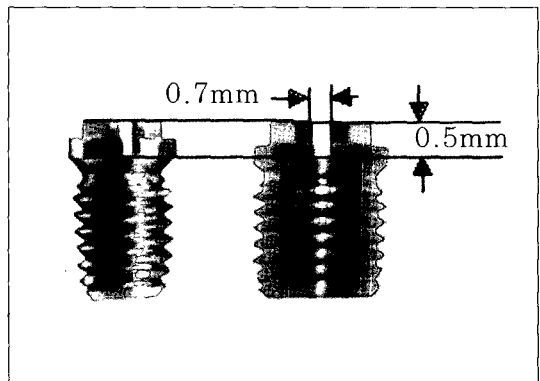


Fig. 2. Tibial implants designed for removal torque test. Slot was prepared on the top of each implant.

용된 임플란트의 내직경은 각각 3.05mm와 4.3mm 이고 피치의 높이는 0.6mm로 제작하였다 (Table II).

2. 수술 방법 및 임플란트 식립

수술 전에 Xylazine (Rompun, Bayer Co, Korea, 5mg/kg body weight)을 근육 주사하여 5분 후 진정 효과와 근육 이완 효과가 나타나게 되면, Ketamine (Ketara, Yu-han Co, Korea, 35mg/kg body weight)을 근육 주사하여 전신마취를 시행하였다. 수술을 시행 할 좌우측 다리 내측 부위의 털을 깎고 Bétadine으로 소독한 후 각 수술 부위에 1ml씩의 국소 마취제 (2% Lidocaine with epinephrine 12.5 μ g/ml, Yu-han Co., Korea)로 국소마취도 병행하였다.

가토의 등을 바닥에 대고 사지를 고정시킨 후 소독을 하고 다리 관절부위 내측에 반원형의 절개선을 넣어 피부, 근막, 골막을 각각 분리하였다. 좌우에 동일한 위치에 임플란트가 식립될 수 있도록 계측자를 이용하여 노출된 뼈에 식립될 위치를 표시하였다. 각각의 가토의 장골에 1개, 경골에 2개의 임플란트를 식립하여 좌우측 모두 6개의 임플란트를 식립하였다. 충분한 양의 생리 식염수로 냉각을 하고 순차적인 크기의 드릴을 지속적으로 사용하면서 임플란트를 식립하였다.

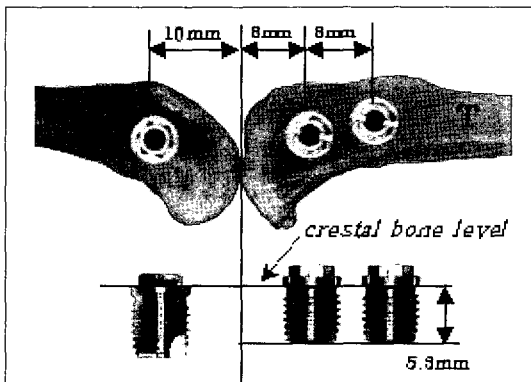


Fig. 3. Diagram of installation depth and site in the leg of rabbits (F=Femur, T=Tibia)

가토의 장골 과두에는 식립할 임플란트 깊이는 6mm 깊이의 탭을 형성하고 countersink는 형성하지 않았으며 경골에는 5.5mm 깊이까지 드릴링 후에 탭을 형성하지 않고 hand wrench를 이용하여 헤드에 제거회전력 측정을 위해 형성한 홈이 노출되도록 임플란트를 식립하였다 (Fig 3). 한 개의 임플란트는 장골에, 두개의 임플란트는 경골에 식립하였으며 각각의 다리에 직경 3.75-mm 임플란트와 직경 5.0-mm 임플란트를 동일한 방법으로 식립하였다. 각각의 임플란트가 좌우 동일한 위치에 식립되도록 하였으며 경골에 식립한 두개의 임플란트의 간격은 8mm가 되도록 식립하였다.

임플란트가 안정되게 식립된 후 cover screw를 조여 잠그고 수술 부위를 골막, 근막, 피부 층으로 봉합하였다. 근육과 근막은 Vicryl®(Ethicon Ltd, England) 흡수성 봉합사로 봉합하고 피부는 black silk로 봉합하였다. 술 후 감염 방지를 위해 모든 가토에게 Amikacine (Dong-A Co, Korea, 4mg/kg body weight)을 근육 주사하였다.

3. 관찰 방법

1) 제거회전력 및 전단응력 측정

4주와 12주 후에 가토를 임플란트 식립 수술과 동일한 방법으로 마취를 하고 임플란트가 식립되어 있

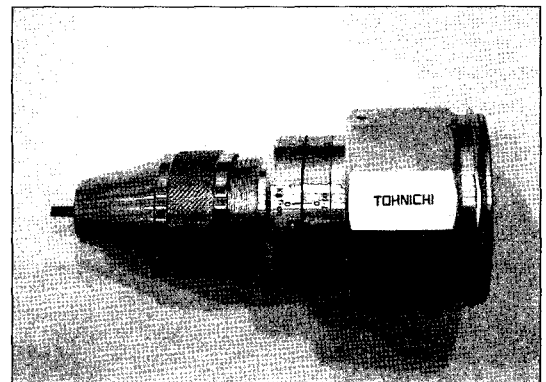


Fig. 4. Tohnichi Torque Gauge (Tohnichi MFG, Tokyo, Japan) for measurements of the removal torque value of implants.

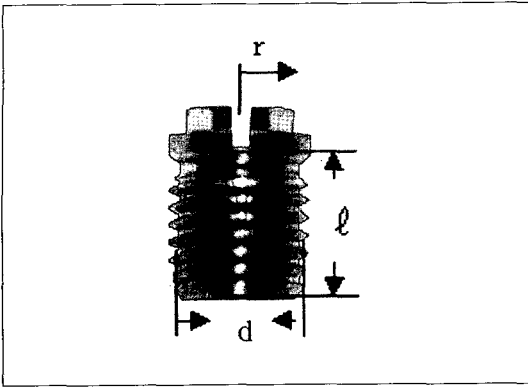


Fig. 5. Diagram for calculation of the mean shear stress. $S = T/\pi d l r$

d = the mean diameter of implant

(3.75mm implant : 3.4mm, 5.0mm implant : 4.65mm)

l = the length of implant in bone = 5.2mm.

r = the mean length of lever arm = $d/2$

는 부위를 노출시켰다. 제거회전력 측정을 위해 형성된 홈 상방으로 형성된 골은 수술용 메스로 조심스럽게 제거하고 경골에 식립된 임플란트의 홈에 맞도록 제작된 드라이버가 연결된 제거회전력 측정기 (Fig. 4)를 이용하여 임플란트가 골에서 제거되는데 필요한 최대값을 제거회전력 (Ncm)으로 측정하였다. 전단응력(N/mm²)은 골 내에 식립된 임플란트 깊이에 대한 평균값으로 측정된 제거회전력에서 임플란트 직경과 지렛대의 길이(lever arm) 등의 변수를 $S = T/\pi d l r$ (S =shear stress, T =removal torque value)의 함수에 대입하여 계산하였다 (Fig. 5).

2) 비탈회 표본 제작 및 조직 형태학적 분석

가토의 이정맥에 pentobarbitone (100mg/kg body weight)을 과량 주사하여 희생시킨 후 중성 5% 포르말린으로 좌심실을 통해 관류고정을 실시했다. 장골에 식립된 임플란트와 주위골을 함께 채취한 후 10% 중성 포르말린으로 고정시켰다. 적당한 절편으로 잘라 10% neutral buffered formalin에 고정된 시편을 흐르는 물에 세척한 후 상승 농도의 알코올을 사용하여 탈수하고 Technovit 7200 VLC (Kultz, Germany) 광중합 레진으로 3~5일간 침투, 포매하여 가시광선 하에서 16시간 동안 중합시켰다. 경화

완료 후 micro-cutting machine (EXAKT MG300, Hamburg, Germany)으로 200 μ m의 두께로 diamond wheel saw를 이용해 절단한 후 micro-grinding machine (EXAKT MG4000)에서 800, 1200, 2000 사포를 이용하여 최종 두께가 25 μ m 이하가 되도록 만든 다음 hematoxylin-eosin 중염색을 하여 광학현미경으로 관찰하였다.

조직 형태학적 분석의 계측 지표로서 골 형성의 양태와 골유착율, 골면적율을 관찰하였다. 표본은 Olympus BX-51 (Olympus Co., Tokyo, Japan) 광학현미경으로 관찰하고 Kappa DX30 Digital camera (Opto-Electronics, Germany)로 디지털 영상을 얻은 다음 영상분석 프로그램 (Kappa Image Base-metre, Opto-Electronics, Germany)으로 측정하였다. 골유착율 (percentage of bone-to-implant contact)은 측정 가능한 모든 나사선에서 40배율에서 관찰하여 측정하고 골과 임플란트 표면이 접촉하였는지 여부는 $\times 100$ 배율에서 확인 관찰하여 측정된 모든 나사선에서 평균값을 얻고 골유착율이 가장 높은 3개의 나사선에서 평균값을 얻었다. Image analyzer로 식립된 임플란트의 모든 나사형 부위에 직접 접촉하고 있는 신생골의 비율을 측정하여 평균값을 얻었으며, 골면적율 (bone area)은 골유착율을 측정된 모든 나사형 부위의 일정한 면적 내에서 골 조직이 차지하고 있는 면적을 측정하여 평균값을 얻었다.

3) 통계 분석

실험에서 얻어진 자료들의 평균값과 표준편차를 구하였고 SPSS version 10.0 (SPSS Inc., Chicago, U.S.A.)을 이용하여 직경 3.75-mm 임플란트 실험군과 직경 5.0-mm 임플란트 실험군을 Student's t -test로 검증하여 비교 분석하였다.

III. 결 과

1. 제거회전력 (Removal torque)

제거회전력은 직경 5.0-mm 임플란트가 직경 3.75-mm 임플란트보다 크게 측정되었다. 평균 제거회전력은 4주 실험군에서 직경 3.75-mm 임플란트와

직경 5.0-mm 임플란트가 각각 20.9 ± 4.6 Ncm, 37.6 ± 13.6 Ncm 이었고, 12주 실험군에서는 각각 23.1 ± 6.3 Ncm, 43.2 ± 11.8 Ncm 였다 (Table III). 식립 4주 후 직경 3.75-mm 임플란트 실험군에서 가장 낮은 평균 제거회전력을 보이고 있으며 식립 12주 후 직경 5.0-mm 임플란트 실험군에서 가장 높은 평균 제거회전력을 보였다 (Fig. 6). 임플란트 직경에 따른 평균 제거회전력은 통계적으로 유의한 차이가 있었다 ($p < 0.05$).

2. 전단응력 (Shear stress)

식립된 임플란트 전체 면적에서 계산된 평균 전단응력은 직경 3.75-mm 임플란트와 직경 5.0-mm 임플란트에서 모두 비슷한 수치를 보이고 있으며 4주 실험군에서는 각각 2.2 ± 0.5 N/mm², 2.1 ± 0.8 N/mm² 이었고 12주 실험군에서는 2.5 ± 0.7 N/mm², 2.4 ± 0.7 N/mm² 이었다 (Fig. 7). 두 실험 기간에서 직경 3.75-mm 임플란트가 직경 5.0-mm 임플란트 경우보다 높은 수치를 보이고 있으나 통계적으로 유의한 차이가 없었다 ($p > 0.05$).

Table III. Removal torque measurements (N/cm) of the tibial implants

Animal	Proximal site of tibia		Distal site of tibia		
	3.75-mm implant	5.0-mm implant	3.75-mm implant	5.0-mm implant	
4 weeks	1	23.5	31.4	25.5	47.0
	2	23.5	33.3	19.6	32.4
	3	25.5	56.8	20.6	60.8
	4	21.6	41.2	21.6	21.6
	5	17.6	29.4	9.8	21.6
12 weeks	1	21.6	43.1	23.5	42.1
	2	19.6	47.0	17.6	21.6
	3	19.6	33.3	15.7	31.4
	4	20.6	62.7	25.5	50.0
	5	33.3	51.0	34.3	50.0

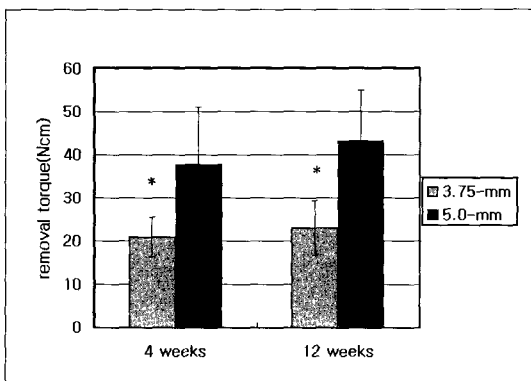


Fig. 6. Mean value of Removal Torque at 4 weeks and 12 weeks after installation.
(* : $p < 0.05$)

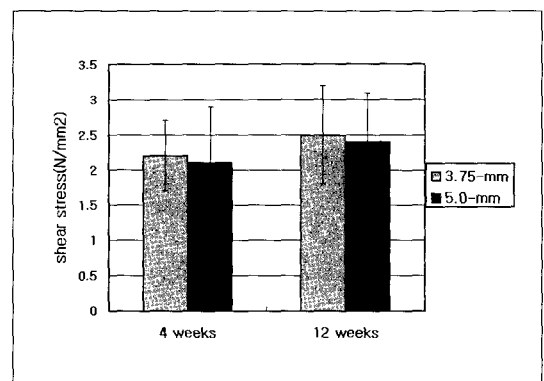


Fig. 7. Mean shear stress based on the implant total area.

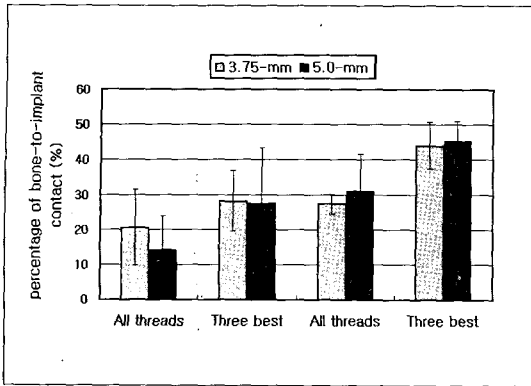


Fig. 8. Mean percentage of bone-implant contact measurements around the entire implant threads and in the three best threads.

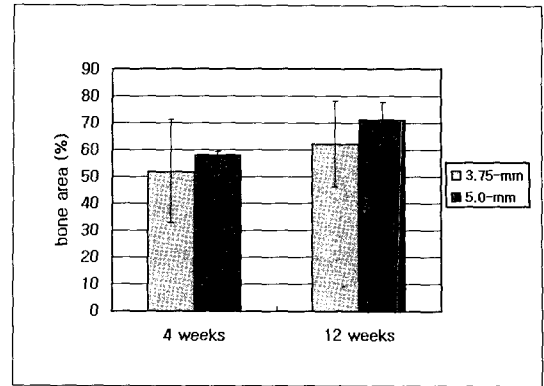


Fig. 9. Mean percentage of bone area around the entire implant threads.

3. 골유착율 (Percentage of Bone-to-Implant Contact)

측정 가능한 모든 나선선에서 측정된 골유착율은 4주 실험군에서 직경 3.75-mm 임플란트와 직경 5.0-mm 임플란트가 각각 $20.6 \pm 10.8\%$, $14.2 \pm 9.7\%$ 이었고 12주 실험군에서는 각각 $27.4 \pm 2.8\%$, $31.1 \pm 10.5\%$ 이었다. 임플란트 직경에 따른 골유착율의 변화는 통계적으로 유의한 차이가 없었다 (Fig. 8). 골유착율이 가장 높은 세 개의 나선선에서 측정된 평균값에서도 직경에 따른 통계적으로 유의한 차이가 없었다 ($p > 0.05$).

4. 골면적율 (Bone area)

골면적율 측정은 각각의 실험군에서 비슷한 평균값을 보이고 있으며 4주 실험군에서 직경 3.75-mm 임플란트와 직경 5.0-mm 임플란트가 각각 $52.0 \pm 19.3\%$, $58.0 \pm 1.4\%$ 이었고 12주 실험군에서는 각각 $62.2 \pm 15.9\%$, $71.2 \pm 6.7\%$ 이었다. 임플란트 직경의 증가에 따른 골면적율의 변화는 통계적으로 유의한 차이 ($p > 0.05$)가 없었다 (Fig. 9).

IV. 고 찰

제거회전력 측정은 Johansson과 Albrektsson¹⁶⁾이 골과 임플란트 계면의 상관 관계를 연구하기 위해

처음 사용하였다. 이 제거회전력 측정은 골과 임플란트 계면의 기계적인 결합력을 측정하는 것으로서 측정하는 방법이 과학적 연구 방법으로는 합리적이지 못하여 오차가 많이 발생할 가능성이 있지만 동물 실험¹⁷⁾과 임상연구¹⁸⁾에서 반복 가능한 데이터를 제시하였기 때문에 유용한 판단 기준으로 가치가 있다 하겠다. 제거회전력은 임플란트 표면의 구조, 임플란트의 형태적 특성, 임플란트와 골계면의 조직 구조 및 인접골의 골면적율에 따라서 영향을 받지만 골과 임플란트 계면의 치유 상태를 평가하는 객관적이고 기초적인 기준을 제공함으로써 임플란트의 골유착 정도를 판단하는 방법으로 사용될 수 있다.

제거회전력 측정에서 Ivanoff 등¹²⁾은 가토의 경골에 식립 후 12주에 관찰한 제거회전력이 직경 3.75-mm 임플란트에서 24.8 Ncm였고 직경 5.0-mm 임플란트에서는 32.4 Ncm였다고 보고하였다. 본 연구에서는 가토의 경골에서 측정된 절삭형 임플란트의 평균 제거회전력이 4주 후 경우에는 직경 3.75-mm 임플란트에서 20.9 Ncm, 직경 5.0-mm 임플란트에서 37.6 Ncm였고 12주 후 경우에는 직경 3.75-mm 임플란트에서 23.1 Ncm, 직경 5.0-mm 임플란트에서 43.2 Ncm였다. 직경의 증가에 따라서 골과의 접촉 면적이 증가하게 되어 제거회전력이 증가하게 될 것으로 예상되었다. 본 실험에서는 Ivanoff 실험의 경우보다 직경 5.0-mm 임플란트 경우에 제거회전력이 오히려 증가된 수치로 측정되었다. 임플란트 직경의 증가가 골유착에 미치는 영향에 부정적이라면

상대적으로 감소된 제거회전력 수치를 보여야 하지만 Ivanoff 등의 연구 결과보다 증가된 수치를 보이고 있다.

전단응력 비교 연구에서 Ivanoff 등¹²⁾은 직경 3.75-mm 임플란트의 경우 골 내에 식립된 절삭형 임플란트 전체 면적에서 전단응력이 12주 후에 3.3 N/mm² 이라 하였고 직경 5.0-mm 임플란트의 경우에는 1.8 N/mm²이라고 하였다. 또한 피질골에서 전단응력 평균값은 각각 5.4 N/mm²와 4.5 N/mm²의 값으로 계산되었다고 보고하였다. 평균 전단응력에 관한 Ivanoff 등¹⁰⁾의 다른 연구에서는 가토의 경골에서 12주 후에 전단응력이 8~10 N/mm²로 계산되었는데 이는 골에서 제거하지 않은 임플란트에서 골유착율을 측정하여 진정한 골과 임플란트의 접촉된 부위만을 계산에 포함시킨 것이므로 다른 실험보다 높은 수치를 보여주고 있다. 전단응력 측정을 위해 사체 (embalmed human subjects) 에서 실험한 Hirofumi 등¹⁹⁾의 연구는 직경 3.75-mm 임플란트와 4.5-mm 임플란트의 pull-out resistance를 측정할 실험으로서 직경이 큰 임플란트의 pull-out resistance가 15% 증가한 것으로 나타났지만 전단응력은 직경이 작은 경우가 상대적으로 22% 높은 것으로 나타났다. 본 연구에서는 12주 후 직경 3.75-mm 임플란트의 경우와 직경 5.0-mm 임플란트의 경우에서 각각 2.5 N/mm², 2.4 N/mm²로 두 실험군에서 유의한 차이가 없는 것으로 나타났는데 이는 제거회전력에 저항하는 골계면의 골유착 정도가 두 실험군에서 차이가 없음을 보여주는 것이라 생각한다. Ivanoff 등도 피질골에서 측정된 전단응력이 직경의 변화에 따른 유의한 차이가 없음을 강조했으며 Hirofumi 등의 실험도 사체를 사용했다는 한계가 있어서 생체 반응의 결과로 얻어지는 진정한 의미의 골유착 정도를 비교 평가하기에는 의미가 적다고 생각한다. 따라서 본 실험에서 나타난 결과만을 고려할 때 임플란트 직경의 변화와 관계없이 동일하게 측정된 전단응력은 임플란트 직경의 변화가 골유착을 완성하고 유지하는데 필요한 주변 골의 활성화도와 관련된 일련의 골생리적 반응에는 영향을 미치지 않는 것으로 생각된다. 아마도 제거회전력을 좌우하는 요소는 실험 개체의 골질 (bone quality) 과 골과의 접촉 면적이 좌우 하는 것으로 생각된다.

조직형태학적 연구에서 Albrektsson과 Jacob-

sson²⁰⁾은 치밀골부에서 임플란트와 최소 90-95%이상의 골접촉이 필요하다고 하였고, 임플란트 전체 표면의 골유착율에 대해 Sennerby 등²¹⁾은 토끼의 슬관절에서 58%, 경골에서 40%로 관찰되었고 Johansson 등²²⁾의 연구에서 경골에 식립된 임플란트의 골유착율이 1개월 후에 10%로 보고되었다. 골유착율에 관한 연구에서 평균값이 각각 다르게 나타나는 이유는 실험 동물의 종류, 치유기간, 골조직의 성질, 및 골유착율을 측정하는 방법 등이 다르기 때문이지만 실험군과 대조군의 비교 분석에는 유용하리라 생각된다. 본 실험에서 절삭형 4주 후 전체 나사선에서 측정된 골유착율은 직경 3.75-mm 임플란트와 직경 5.0-mm 임플란트에서 각각 평균 20.6%와 14.20%로 측정되었고 12주 후 측정에서는 27.4%와 31.1%로 측정되었다. 기계적 결합력을 측정할 전단응력 비교와 마찬가지로 조직형태적 분석에서도 임플란트 직경의 증가에 따른 골유착율과 골면적율의 유의한 차이는 없었다.

본 실험의 결과에서 보듯이 직경 5.0-mm 임플란트가 골유착에 불리한 조건을 만드는 것은 아닌 것으로 생각된다. Aparicio와 Orozco²³⁾의 연구에서는 저작 1년 후 직경 5.0-mm 임플란트의 생존율이 상악은 97.2%, 하악은 88.4%, 48개월 후에는 상악은 97.2%이고 하악은 83.4%으로 나타났으며, 최근의 Tawill 등²⁴⁾의 연구에서도 2~5년 후 직경 5.0-mm 임플란트 생존율이 96.9%에 이르는 것으로 나타났다. 김과 한²⁵⁾의 연구에서도 직경 5.0~5.5-mm 임플란트의 성공률이 96.3%로 나타났다. Ivanoff 등의 임상연구에서 직경 5.0-mm 임플란트의 성공률이 낮게 나타난 것은 이들 임플란트가 수술시 불리한 조건을 극복하기 위해 주로 사용되었기 때문으로 생각되며 이전의 다른 연구에서도 임플란트의 실패의 주된 원인은 빈약한 골질 때문이라고 하였다.^{26,27)} 또한 변화된 기구 조작과 새로운 기술을 필요로 하는 새로운 술식은 성공률이 숙련도(learning curve)와도 관련될 수 있다.

직경이 큰 임플란트 식립을 위해 고려해야할 사항을 살펴보면 우선 직경 큰 임플란트 식립을 위해 한번 추가된 기구 조작이 외상적 수술의 가능성이 있다는 점으로 이는 외상이 적은 수술 방법을 적용한 경우보다 골형성을 적게 일으킬 수도 있다.^{28,29)} 이런 경우 Sennerby 등²¹⁾이 제안한 방법대로 치유 기간을

연장하여 수술 여건이 좋지 못한 경우에 적용된 외과 술식을 사용하는 것이 좋겠다. 특히 상악의 경우보다 하악에서는 골 혈류의 공급이 상대적으로 부족한 피질골이 많이 존재하므로 직경이 큰 임플란트를 식립할 때 골의 치유와 초기 골유착 후 계속적으로 반복되는 골 재형성 과정에서 불리한 점을 고려하여 보다 주의 깊은 수술이 이루어져야한다. 또한 골의 질에 따라서 4.3-mm 드릴을 사용할 것인지 아닌지, 혹은 탭 (tap) 을 형성할 것인지 여부를 결정해야한다. 본 연구 과정에서도 가토의 경골은 얇은 피질골로 구성되어 있어 탭을 형성하지 않고 직경이 큰 임플란트를 식립하여 골의 미세한 파절이 발생하는 경우가 있었는데 이를 고려할 때 망상골로 구성되어 있는 상악골은 탭을 형성하지 않고 임플란트를 심는 것이 유리할 것으로 생각되고 하악골은 피질골에 무리한 힘이 전달되지 않도록 탭을 형성하고 임플란트를 식립하는 것이 좋을 것으로 생각된다. 또한 식립된 임플란트의 상단에서 하단까지 최소 1.5mm 피질골과 해면골이 둘러 싸이는 것이 요구되는데³⁰⁾ 해면골의 부족은 골 삭제 후 치유능력을 저하하게 하여 골의 추가적 파괴를 야기하고 결국 임플란트 실패를 가져올지도 모른다. 따라서 적어도 임플란트의 협설로 1~1.5mm 골이 필요하므로 최소 7~8mm의 치조골 폭경이 되는지를 확인해야겠다.³¹⁾ 금속 표면에서 골의 생리 대사에 필수적인 골내 혈류의 순환은 필수적이며 임플란트가 식립된 후 주변의 혈류는 대개의 경우 조화를 이루겠지만 과도한 골 내의 금속표면은 골 대사에 도움이 되지 않는 가능성도 생각해 볼 수 있다. 직경 5.0-mm 임플란트의 주된 실패 원인 중 또 다른 하나는 골 삭제 시에 발생하는 열에 의한 골조직의 피사일 가능성도 있다. 직경이 큰 드릴을 사용하게 되면 보다 많은 열이 발생하게 되고 골의 손상이 일어나게 된다. 이 손상이 제한적이지만 경우에 따라서 임플란트의 상단 나사형의 노출을 일으키게 되고 임플란트 주변 치주염의 시발점으로 작용할 수도 있다. 따라서 충분한 양의 식염수로 드릴링 (drilling) 시 발생하는 열을 식히면서 임플란트를 식립하는 것이 좋을 것으로 생각되며 드릴링 시의 회전 속도도 줄이는 것이 좋을 것으로 생각된다.

임플란트와 골 계면의 골유착 과정에 대한 명확한

조직학적 분석이 아직 없는 실정에서 술자는 골의 생리와 대사, 임플란트의 생체 적합성 및 생역학적 이해가 필요하며 사용 가능한 기구들의 세심한 사용 방법과 원리를 숙지하는 것이 성공률을 높이는 길이라 사료된다. 특히 임플란트 식립 시 골 혈관의 과도한 절단과 기계적인 마찰열, 그리고 옴바르지 못한 골 삭제용 드릴의 사용으로 인해 발생하는 흔들림 외상 (vibration trauma) 으로 골 조직의 피사가 임플란트 주위에 광범위하게 일어난다면 골 치유가 정상적으로 진행되지 않을 것이므로 특별한 주의를 요한다. 위와 같은 주의사항을 염두에 두고 직경이 큰 임플란트를 식립한다면 직경 5.0-mm 임플란트는 문제가 있는 상황을 극복하는 선택으로 많은 장점을 제공할 것으로 생각된다.

V. 결 론

가토에 식립된 직경이 다른 임플란트가 골유착 정도에 미치는 영향을 관찰하기 위해 제거회전력 및 전단응력 비교와 조직 형태학적 분석법에 의한 골유착율과 골면적율 측정으로 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 직경 5.0-mm 임플란트의 제거회전력은 직경 3.75-mm 임플란트보다 크게 나타났다($p < 0.05$).
2. 직경 5.0-mm 임플란트와 직경 3.75-mm 임플란트의 전단응력의 차이에는 통계적 유의성이 없었다($p > 0.05$).
3. 직경 5.0-mm 임플란트와 직경 3.75-mm 임플란트의 골유착율 차이에는 통계적 유의성이 없었다($p > 0.05$).
4. 직경 5.0-mm 임플란트와 직경 3.75-mm 임플란트의 골면적율 차이에는 통계적 유의성이 없었다($p > 0.05$).

이상의 연구에서 가토에 식립된 임플란트 직경의 변화가 골유착 정도에는 영향을 미치지 않는 것으로 연구되었다.

참고문헌

1. Brånemark PI, Breine U, Lindström J, Adell R, Hansson BO, Ohlsson A. Intra-os-

- seous anchorage of dental prostheses. I. Experimental studies. *Scand J Plast Reconstr Surg* 1969;3:81-100.
2. Adell R, Lekhilm U, Rockler B, Brånemark P-I. A 15-year study of osseointegrated implants in the treatment of the edentulous jaw. *Int J Oral Surg* 1981;10:387-416.
 3. 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 jaw. *Int J Oral Maxillofac Impl* 1990;5:347-359.
 4. Albrektsson T, Dahl E, Erbom LI. Osseointegrated oral implants. A Swedish multicenter study of 8139 consecutively inserted Nobelpharma implants. *J Periodontol* 1988;59:287-296.
 5. Kopp CD. Brånemark osseointegration prognosis and treatment rationale. *Dent Clin North Am* 1989;33:701-731.
 6. Jaffin RA, Berman CL. The excessive loss of Brånemark fixtures in type IV bone. A 5-year analysis. *J Periodontol* 1991;62:2-4.
 7. Saadoun AP, LeGall ML. Clinical results and guidelines on Steri-Oss endosseous implants. *Int J Periodont Rest Dent* 1992;12:487-499.
 8. Tolman DE. Reconstructive procedures with endosseous implants in grafted bone: a review of the literature. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1995;10:275-394.
 9. Friberg B. Bone quality evaluation during implant placement. Academic dissertation for the degree of master of dental science. University of G thenburg, G thenburg. Sweden, 1994.
 10. Ivanoff C-J, Sennerby L, Lekholm U. Influence of mono and bicortical anchorage on the integration of titanium implants. A study in the rabbit tibia. *Int J Oral Maxillofac Surg* 1996;25:229-235.
 11. Langer B, Langer L, Herrmann I, Jorneus L, The Wide Fixture: A Solution for Special Bone Situations and a Rescue for the Compromised Implant. Part 1. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1993;8:400-408.
 12. Ivanoff CJ, Sennerby L, Johansson C., Rangert B, Lerholm U. Influence of implant diameters on the integration of screw implants: An experimental study in rabbits. *Int. J. Oral Maxillofac. Surg.* 1997;26:141-148.
 13. Jarvis WC. Biomechanical advantages of wide diameter implants. *Compend Ccontin Educ Dent* 1997;18(7):687-692.
 14. Ivanoff CJ, Grodahl K, Sennerby L, Bergstrom C, Lekholm U. Influence of Variations in Implant Diameters: A 3-to 5-year Retrospective Clinical Report. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1999;14:173-180.
 15. Eckert SE, Meraw SJ. Early Experience with Wide-Platform Mk II Implants Part I : Implants Survival. Part II : Evaluation of Risk Factors Involving Implant Survival. *Int Oral Maxillofac Implants* 2001;16:208-216.
 16. Johansson C, Albrektsson T. Integration of screw implant in the rabbit. A one year follow up of removal torque of titanium implants. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1987;2:69-75.
 17. Carlsson L, R stlund T, Albrektsson B, Albrektsson T. Removal torque for polished and rough titanium implants. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1988;3:21-24..
 18. Tjellström A, Jacobsson M, Albrektsson T. Removal torque of osseointegrated craniofacial implants: A clinical study. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1988;3:287-289.

19. Hirofumi Kido, Eloy E, Schulz, Ajay Kumar, Jaime Lozada, Subrata Saha. Implant diameter and bone density: Effect on initial stability and pull-out resistance. *Journal of Oral Implantology* 1997;23:163-169.
20. Albrektsson A, Jacobsson M. Bone-metal interface in osseointegration. *J Proth Dent* 1987;57:597-607.
21. Sennerby L, Thomson P, Ericson L. A morphometric and biomechanic comparison of titanium implants inserted in rabbit cortical and cancellous bone. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1992;7:62-71.
22. Johansson C, Chong Hyun Han, Wennerberg A, Albrektsson T. A Quantitative Comparison of Machined Commercially Pure Titanium and Titanium-Aluminum-Vanadium Implants in Rabbit Bone. *Int J Oral Maxillofac Implant* 1998;13:315-321.
23. Aparicio C, Orozco P. Use of 5-mm-diameter implants: Periotest values related to a clinical and radiographic evaluation. *Clin Oral Impl Res* 1998;9:398-406.
24. Tawil G, Mawla M, Gottlow J. Clinical and Radiographic Evaluation of the 5-mm Diameter Regular-Platform Brånemark fixture: 2- to 5-year follow-up. *Clinical Implant Dentistry and Related Res* 2002;4:16-26.
25. Kim YB, Han CH. Clinical study of wide implant system. *The Journal of Korean Academy of Oral&Maxillo implantology* 2001;5:15-28.
26. Friberg B, Jemt T, Lekholm U. Early failures in 4641 consecutively placed Brånemark dental implants. A study from stage I surgery to the connection of completed prostheses. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1991;6:142-146.
27. Jaffin RA, Berman CL. The excessive loss of Brånemark fixtures in type IV bone. A 5-year analysis. *J Periodontal* 1991;62:2-4.
28. Eriksson, RA. Heat-induced bone tissue injury. An in vivo investigation of heat tolerance of bone tissue and temperature rise in the drilling of cortical bone. Thesis, University of G thenburg, Sweden, 1984.
29. Eriksson, RA., Albrektsson T. The effect of heat on bone regeneration. *J Oral Maxillofac Surg* 1984;42:705-711.
30. English C, Bahat O, Langer B, Sheets CG. What are the clinical limitation of wide diameter (4mm or greater) root-form endosseous implants? *Int J Oral&Maxillofac implants* 2000;15(2):293-296
31. Renouard F, Riachi F. Apport des implants de 5-mm de diameter en implantologie oral. *Implantologie* 1994;24:2069-2076.

Reprint request to:

Sang-Wan Shin, D.D.S., M.Ph., Ph.D., M.Sc.
 Department of Prothodontics, Guro Hospital, Korea University
 80, Guro-Dong, Guro-Gu, Seoul, 152-703, Korea
 swshin@korea.ac.kr

EXPLANATION OF PHOTOGRAPHS

- Fig 10 Undecalcified experimental specimen in the rabbit femoral bone.
- 4 weeks, machined 3.75-mm implant
a) H&E stain ($\times 12.5$) b) H&E stain ($\times 40$) c) H&E stain ($\times 100$)
- Fig 11 Undecalcified experimental specimen in the rabbit femoral bone.
- 4 weeks, machined 5.0-mm implant
a) H&E stain ($\times 12.5$) b) H&E stain ($\times 40$) c) H&E stain ($\times 100$)
- Fig 12 Undecalcified experimental specimen in the rabbit femoral bone.
- 12 weeks, machined 3.75-mm implant
a) H&E stain ($\times 12.5$) b) H&E stain ($\times 40$) c) H&E stain ($\times 100$)
- Fig 13 Undecalcified experimental specimen in the rabbit femoral bone.
- 12 weeks, machined 5.0-mm implant
a) H&E stain ($\times 12.5$) b) H&E stain ($\times 40$) c) H&E stain ($\times 100$)

사진부도

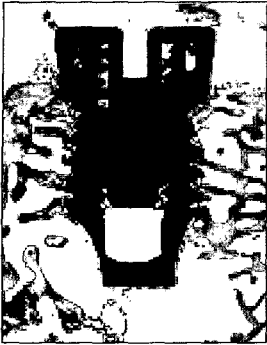


Fig. 10a



Fig. 10b



Fig. 10c

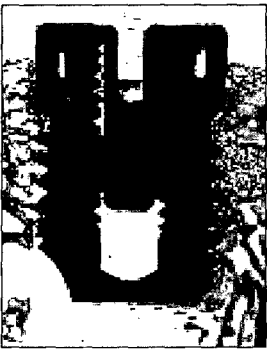


Fig. 11a



Fig. 11b



Fig. 11c

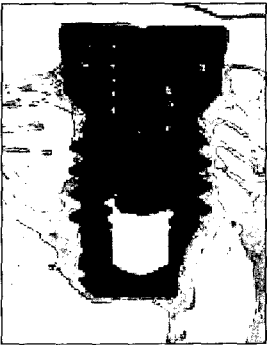


Fig. 12a



Fig. 12b



Fig. 12c

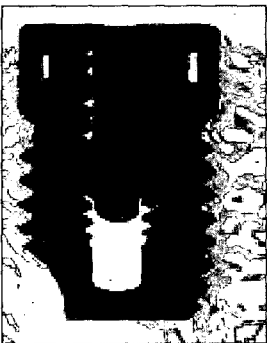


Fig. 13a



Fig. 13b



Fig. 13c

ABSTRACT

INFLUENCE OF IMPLANT DIAMETER ON
THE OSSEOINTEGRATION OF IMPLANTS :
AN EXPERIMENTAL STUDY IN RABBITS.

Jun-Ho Lee, D.D.S., M.Sc., Sang-Wan Shin, D.D.S., M.Ph., Ph.D., M.Sc.,
Sang-Ho Kwon*, M.S.

*Department of Prothodontics, College of Medicine, Korea University
Neobiotech Biomaterials Research Center**

Statement of problem : The survival rate of wide diameter implants was lower than of 3.75-mm implants in some clinical researches.

Purpose : The purpose of this study was to investigate the influence of implant diameter on the osseointegration of implants in the rabbit femoral condyle and tibial metaphyses by means of removal torque measurements and histomorphometric analysis.

Material and Method : Ten adult New Zealand White rabbits were used in this study. Two 3.75-mm diameter implants were inserted through one cortical layer in the tibial metaphyses and one 3.75-mm diameter implant was inserted in the femoral condyle. 5.0-mm diameter implants were inserted in the other leg in the same manner. A total of 60 implants (3.75-mm diameter implants:30 : 5.0-mm diameter implants:30) were installed. After a healing time of 4 and 12 weeks, the peak removal torque values required to shear off the implants were recorded. From the removal torque values (Ncm) obtained, the mean shear stress (N/mm²) was calculated. And the percentage of direct bone-to-implant contact and the percentage of bone area inside the thread were measured by Kappa Image Base-metre. The Student's *t*-test was undertaken for statistical analysis ($p < 0.05$).

Results : The removal torque value of 5.0-mm diameter implants was higher than of 3.75-mm diameter implants ($p < 0.05$). The difference of shear stress value between 3.75-mm and 5.0-mm diameter implants was not statistically significant ($p > 0.05$). The percentage direct bone-to-implant contact had no statistical difference between two groups ($p > 0.05$). The percentage of bone area inside the thread had no statistical difference between two groups ($p > 0.05$).

Conclusion : It is concluded that the quality of osseointegration is not influenced by increasing implant diameter.

Key words : Implant diameter, Osseointegration, Removal torque, Shear stress, Histomorphometric analysis