

성견 경골에서 자가장골이식이 임플란트 골유착에 미치는 영향

이화여자대학교 임상치의학대학원 임플란트치의학 전공,*
이화여자대학교 의학전문대학원 치과학교실 구강악안면외과**
강남연* · 김명래*** · 김선중***

= Abstract =

Effect of Autogenous Iliac Bone Graft into the Loose Cancellous Bone Marrow On the Osseointegration in the Dog Tibia

Nam-Yeon Kang* · Myung-Rae Kim*** · Sun-Jong Kim***

Department of Dental Implantology, Graduate School of Clinical Dentistry, Ewha Womans University
Department of Oral and Maxillofacial Surgery, Dentistry, School of Medicine,** Ewha Womans University*

Objectives : This study was performed to evaluate the effect of autogenous iliac particulated marrow cancellous bone graft on osseointegration of implants in the dog tibia which has a loose bone marrow.

Methods : Three mongrel dogs, weighing about 15kg or more, and RBM (resorbable blasted media) AVANA[®] implants (Osstem Inc., Korea) were used in this study. In the control groups, 2 implants sites were prepared conventionally with drills in the left metaphysis of tibia and 2 implants were placed in each dog under general anesthesia. In the experimental groups, 2 implant sites were prepared with drills, and the particulated marrow cancellous bone, which was obtained from the right ilium, was packed into both prepared sites with osteotomes in the right metaphysis of tibia in each dog. Two implants were placed. A total of 12 implants were placed in 3 dogs. The animals were sacrificed at 8 weeks after implant placement. The specimens were taken and embedded into the resin. H & E stain was done. The undecalcified specimens were prepared for histological examination and histomorphometric analysis of bone-implant contact ratios. The Mann-Whitney test was used to compare both groups. Values of $p < 0.01$ were considered statistically significant.

Results : In the cross-sectional radiographs of the control group no trabecular bone was observed in the marrow space and the implant was surrounded with radiolucent marrow space. In the experimental group some radioopaque trabecular bone was observed in the marrow space of tibia and some of the trabecula was contacted with implant surface. Histologically, in the control group few trabecular bone was observed in marrow space and there was poor osseointegration in the marrow. In the

교신저자 : 김선중, 158-710 서울 양천구 목동 911-1
이화여자대학교 의학전문대학원 치과학교실 구강악안면외과
전화 : (02) 2650-5631 · 전송 : (02) 2650-5764 · E-mail : sjsj7777@ewha.ac.kr

experimental group most marrow space was filled with the trabecular bone and the implant surface was contacted with trabecular bone. In histomorphometric analysis the bone-implant contact ratio of the experimental group (75.6%) was significantly higher than that of the control group (27.1%, $p < 0.01$).

Conclusion : The autogenous bone graft into the loose bone marrow can be an option to improve the bone density and to get better osseointegration of dental implants.

KEY WORDS : PMCB (particulate marrow cancellous bone) · Bone quality · Histomorphometry.

서론

임플란트의 성공은 여러가지 요인에 의해 결정되나 임플란트 주위의 골량(bone volume)과 골질(bone quality)에 의해서 많은 영향을 받는다¹⁾. 따라서 장기적인 임플란트 성공을 위해서는 골량 뿐만 아니라 골질이 매우 중요하다²⁻⁴⁾. Lekholm과 Zarb⁵⁾은 악골의 골질을 임상적으로 Type 1에서 Type 4까지 4종류로 분류하였으며 이 분류법이 임상에서 골질을 분류하는 데 많이 사용되고 있다. Type 1골은 대부분 두꺼운 치밀골로 구성되어 있으며, 반면에 Type 4골은 얇은 치밀골과 밀도가 낮은 소성(loose) 망상골로 대부분 이루어져 있다. 많은 학자들³⁾⁶⁾⁷⁾은 임플란트 성공율이 골질과 밀접한 상관관계가 있으며 소성 망상골로 주로 이루어진 Type 4골에 임플란트를 식립할 때 실패율이 높다고 하였다. Truhlar 등⁴⁾은 골질이 너무 치밀한 Type 1 악골에서 임플란트 실패율이 증가하며, 이런 악골에서는 임플란트 식립을 위한 수용부를 형성시 열 발생에 의해 골유착에 악영향을 줄 수 있다고 하였다. 악골의 골질은 여러 요인에 의해 소성의 상태로 변할 수 있다. 예를 들면, 치아 상실 후에 악골에 가해지는 생역학적 하중(biomechanical loads)이 감소함에 따라 치조골이 퇴축되고 잔존골 내부의 골 미네랄 성분이 감소된다⁸⁾. 나이가 들에 따라 기저부의 피질골은 얇아지고 골다공증(osteoporosis) 현상이 일어난다. 또 골수의 지방화 현상이 젊은 나이부터 하악 전치부에서 시작하여 점차 하악 골체부와 하악지 부위로 확장된다⁹⁻¹¹⁾. 폐경기 이후의 여성에서 흔히 나타나는 골다공증은 임플란트 주위의 골 상실을 초래하여 임플란트 실패의 위험 요소로 작용할 수 있다¹²⁾¹³⁾.

임플란트 골유착(osseointegration)을 얻기 위해서는 임플란트의 초기 안정성이 중요하다. 임플란트의 초기 안정성은 임플란트의 거시적(macrosopic) 및 미시적 형태, 수술 방법 등에 의해 영향을 받으나 임플란트 식립부의 골질에 의해서도 많은 영향을 받는다¹⁴⁾. 부분 또는 완전

무치악 하악골은 치조골의 흡수로 인한 골량의 부족 이외에도, 피질골의 두께 감소와 골수강의 증가, 골수강 내에서 골수의 지방화와 성긴 골소주 등으로 인해 골질이 불량한 경우가 많다. 이러한 치밀하지 못한 하악골에 임플란트를 식립할 때 임플란트 초기 안정성이 저하될 뿐만 아니라 골수강 내에서의 골-임플란트 접촉률 감소로 인해 궁극적으로는 임플란트 실패를 초래할 수 있다. Trisi 등⁶⁾은 골밀도가 낮은 악골에 임플란트 식립할 때 교합 하중이 가해질 경우 임플란트 실패율이 증가할 위험이 있다고 하였다. 골밀도가 낮은 상악골에서 임플란트의 골유착 성공율을 높이기 위한 여러 연구와 제안이 있고 골수질이 성긴 하악(소성골)에서 임플란트 식립 방법을 개선하기 위한 시도가 있어 왔으나, 골질 자체를 치밀하게 하고 강화하기 위한 연구결과는 아직까지 충분하지 않다.

이에 본 연구는 골소주가 거의 없는 골수강 내에 자가골을 이식하면서 동시에 임플란트를 심을 때에 골수강을 어느 정도 치밀하게 하고 골유착율을 높일 수 있는가를 실험적으로 규명하고자 하였다.

대상 및 방법

1. 연구대상

연구의 시작 전에 연구지침은 이화여자대학교 목동병원 동물실험연구위원회에 의해 인증을 받았다. 실험동물로는 체중 15kg내외(생후 약 10개월)의 성견 3마리를 선택하여 동일한 환경에서 7일간 사육한 후 실험에 사용하였다. 임플란트는 RBM(resorbable blasted media) 방식으로 표면처리가 된 직경 4mm, 길이 10mm의 AVANA® 임플란트(Osstem Inc., Korea) 12개를 사용하였다.

2. 연구방법

1) 실험동물의 분류 및 임플란트 식립

실험군은 성견 경골에서 임플란트 식립부위의 골수강

내에 골이식 여부에 따라 2군으로 분류하였다. 통상적인 방법으로 드릴링을 하여 임플란트 수용부를 형성하고 임플란트를 식립한 것을 대조군(n=6)으로 하였고 같은 방법으로 피질골 부위를 천공, 확대한 후 장골에서 채취한 자가 분쇄 골수 망상골을 써머스씨 절골도(Summers osteotome)을 이용해 골수강내로 충전하여 임플란트 수용부를 형성하고 임플란트를 식립한 것을 실험군(n=6)으로 하였다.

수술시에는 각 동물에게 Pentobarbital 용액을 전투약하여 진정시키고 기관 삽관 후 Enflurane을 이용하여 전신 마취를 유도하였다. 좌측 장골능 주변을 제모하고 포타딘으로 소독한 후 소독된 천으로 방포하였다. 좌측 장골능을 따라 4cm 가량의 피부절개를 가하고 골막하 박리를 통해 장골능을 노출하였다. 장골능 상방의 피질골을 골채취 바(trephinebur)로 제거한 후 볼크만씨 큐렛(Volkman's curette)을 이용하여 골수망상골을 채취한 다음 골검자로 분쇄하여 입자형태로 만들었다. 골채취 후 장골능 부위의 골막과 피부를 3-0 Vycryl과 3-0 Mersilk를 이용하여 층별 봉합하였다.

2) 실험동물의 희생과 방사선적 검사

술 후 8주째 Ketamin의 과량투여로 실험동물을 희생시키고 양측 경골 골간 부위의 전방에 피부절개를 가하여 골막하 박리하고 경골을 노출하였다. 노출된 경골에서 임플란트 식립위치를 확인하고 각 시편에 1개의 임플란트와 주변 골조직이 포함되도록 경골을 횡절단하여 골편을 채취하였다. 대조군과 실험군에 대하여 골의 외측 방향으로 촬영된 방사선사진과 골의 횡단면 방향으로 촬영된 방사선사진을 각각 촬영하였다.

3) 조직학적 및 조직형태계측학적 분석

각 시편에 대한 조직학적 관찰을 위해 표본을 H & E 염색 후 광학현미경을 이용하여 임플란트 주변의 골유착 정도와 양상을 관찰하였다. 조직형태계측학적 평가는 임플란트가 피질골에 접촉된 부분과 골수강 내 식립된 부위로 구분한 후, 골수강 내 임플란트 표면의 나사 부분만을 선택하였다.

각 시편에 대하여 광학현미경 하에서 40배로 확대시킨 상을 디지털 카메라로 촬영하였다. 각각의 촬영된 상을 Scion image® (Scion Corp., USA)를 이용하여 임플란트 나사선의 길이를 측정하고 임플란트 표면에 골이 접촉된 부위를 측정 후 접촉된 길이를 나사선의 총 길이로

나누어 골-임플란트 접촉률(bone-implant contact ratio)을 계산하였다.

골-임플란트 접촉률(bone-implant contact ratio) (%) = 골이 접촉된 임플란트 나사선의 길이/총 나사선의 길이 × 100. 각 군별 비교를 위한 통계학적 분석은 SPSS 10.0을 이용하여 Mann-Whitney test로 검정하였다.

결 과

1. 방사선학적 소견

골의 외측 방향에서 촬영된 방사선사진에서 대조군과 실험군 모두 임플란트 주변을 따라 방사선투과성을 보이지 않았으며 골접촉이 고르게 이루어진 소견을 보였다(Fig. 1).

골의 횡단면 방향으로 촬영된 방사선사진에서 피질골 부위의 임플란트는 대조군과 실험군 모두 양호한 골접촉 소견을 보였으나, 골수강 부위에서 대조군은 골소주가 거의 보이지 않았으며 골-임플란트 접촉 소견이 없었다(Fig. 2).

실험군에서는 골수강 내에 소량의 골소주가 관찰되었으며 이 골소주의 일부는 임플란트와 접촉되어 있었다(Fig. 3).

2. 조직학적 및 조직형태계측학적 분석

대조군에서 피질골 부위의 임플란트 나사선에 층판골 유형의 성숙한 신생골로 잘 채워져 있었고 임플란트 표면을 따라 양호한 골유착 양상을 보였다. 골수강 내에는 골소주가 거의 존재하지 않았으며 골수강 내로 노출된 임플

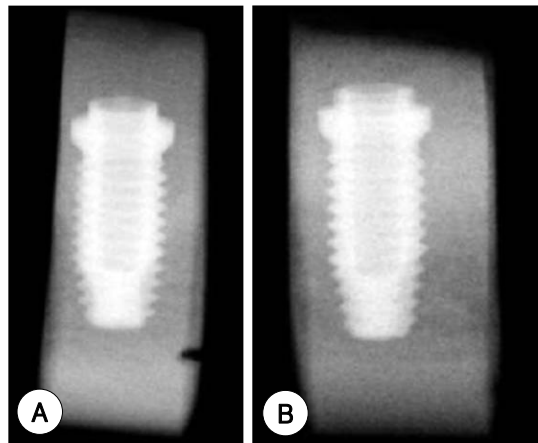


Fig. 1. Lateral radiographs of the control (A) and the experimental (B) groups. In both groups, there is no radiolucency around implant and the integrated implants are observed.

란트 표면에서 골유착 소견이 거의 관찰되지 않았다. 골수강 내의 일부에서 소량의 골이 임플란트 표면에 관찰되었으나 주변골과의 연결은 보이지 않았다(Fig. 4).

실험군에서 피질골 부위의 임플란트는 대조군과 유사하게 대부분의 임플란트-골 계면에서 양호한 골유착 소견을 보였다. 골수강 내에는 다량의 골소주들이 존재하였고 이 골소주들의 일부는 임플란트 계면에 부착된 골과 연결되어 있었다(Fig. 5).

직형태계측학적 평가 결과 실험군의 골수강 내에서 평균 골-임플란트 접촉률은 $75.6 \pm 6.5\%$ 로서 대조군 27.1

$\pm 9.0\%$ 에 비해 유의하게 높았다(Table 1).

고 안

골밀도가 낮은 소성의 골질은 주로 상악 구치부에 존재하는 것으로 알려져 있으나 가끔 하악골의 골수강 내에서도 나타난다. 상악에 비해 하악에 식립된 임플란트의 실패율이 낮아서인지 골밀도가 낮은 하악 골수강에 대한 관심이 부족하며 이런 느슨한 골질을 가진 하악에서 성공적인 골유착을 얻기 위해 골질을 치밀화시키는 방법들에



Fig. 2. Cross-sectional radiographs of the control group. There is few trabecular bone in the marrow space of tibia. The implant is surrounded with a radiolucent marrow space.

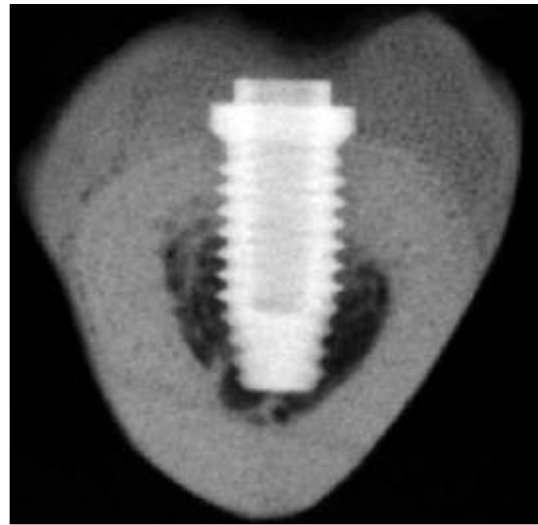


Fig. 3. Cross-sectional radiographs of the experimental group. There is some radioopaque trabecular bone in the marrow space. Some radiopaque trabecular bone is contacted with the implant surface.

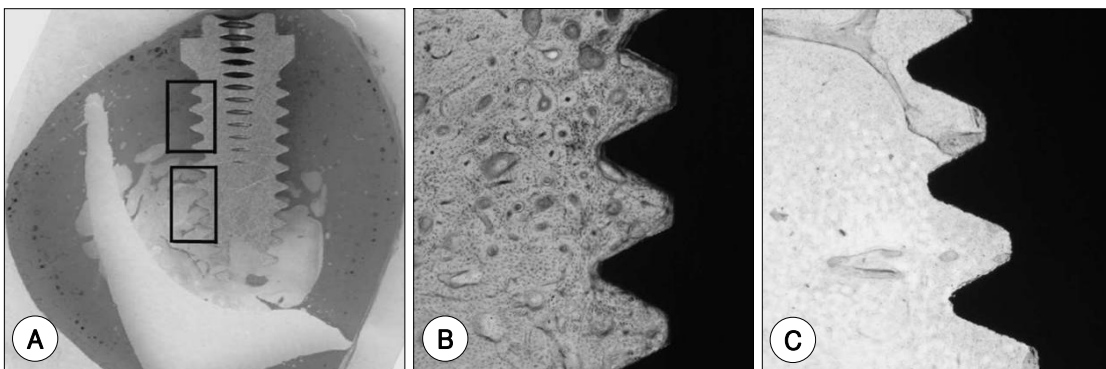


Fig. 4. Photomicrographs of the control group (H & E staining). A : The Implant is installed in the tibia. The cortical bone of the tibia is thick. Some trabeculae is observed in the marrow space (original magnification, $\times 1$). B : In the cortical bone, the threads of implant are filled with the dense cortical bone (original magnification, $\times 40$). C : In the marrow space, there is few trabeculae and the implant surface is rarely contacted with the trabecular bone (original magnification, $\times 40$).

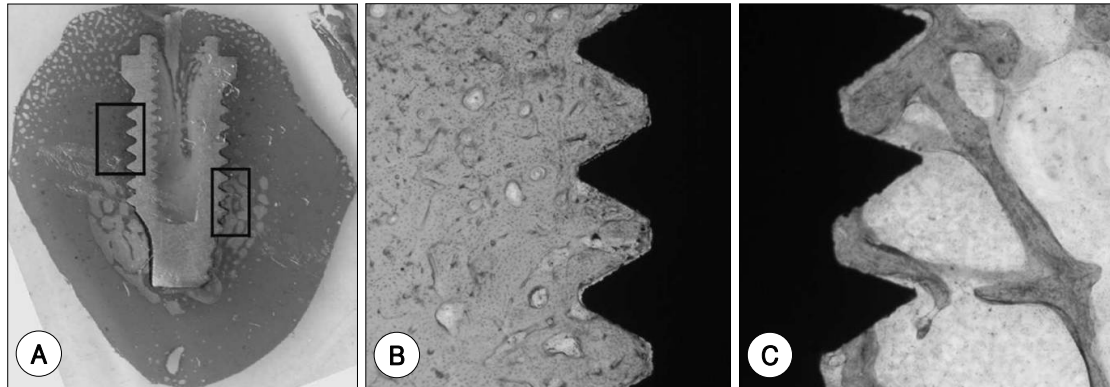


Fig. 5. Photomicrographs of the experimental group (H & E staining). A : The implant surface in the marrow space is surrounded by the trabecular bone(original magnification, $\times 1$). B : In the cortical bone, the threads of implant are filled with the dense cortical bone(original magnification, $\times 40$). C : In the marrow space, there is some trabeculae and the implant surface is contacted with the trabecular bone(original magnification, $\times 40$).

Table 1. Bone-implant contact in the marrow of dog's tibia

	Total length (mm) (Mean \pm SD)	BIC length (mm) (Mean \pm SD)	BIC ratio (%) (Mean \pm SD)
Experimental (n=6)	4.2 \pm 0.5	3.2 \pm 0.4*	75.6 \pm 6.5*
Control (n=6)	4.0 \pm 0.9	1.1 \pm 0.5*	27.1 \pm 9.0*

* : $p < 0.01$. BIC : bone-implant contact, SD : standard deviation

대한 연구들이 부족한 상태이다.

본 연구는 골소주가 거의 없는 하악 골수강 내에 자가 장골 분쇄골수망상골 이식을 시행할 경우 골수강 내의 골질 개선과 임플란트 골유착에 미치는 영향을 알아보고자 시행하였다.

임플란트 식립 부위의 골질은 성공적인 임플란트 골유착에 기본적으로 필요한 임플란트의 초기 안정성을 확보하는데 중요한 요소이다¹⁴). 골밀도가 낮은 악골에 임플란트를 식립할 경우 임플란트 고정을 얻기가 쉽지 않고 치밀한 골에 식립한 경우보다 임플란트 성공율이 낮다³⁾⁽⁶⁾⁽⁷⁾. 골밀도가 낮은 골은 대부분 성긴 수질골로 구성되어 있어 골성분이 낮고 골-임플란트 접촉률이 낮아 임플란트 성공에 부정적인 요소로 작용한다⁶⁾⁽²²⁾⁽²³⁾. Weng 등¹⁶)은 치밀골에 비해 골밀도가 낮은 해면골에서 골-임플란트 접촉률이 낮기 때문에 임플란트 성공율이 낮다고 지적한 바 있다. Lekholm과 Zarb⁵)에 의한 악골 골질의 4가지 분류법은 임플란트 식립 부위의 골질을 분류하는데 많이 사용되고 있으나 이 분류법을 모든 악골의 골질 분류에 적용하기는 어렵다.

임플란트 식립을 위해 골천공을 할때 피질골 내부의 골수강이 거의 비어 있는 것 같은 느낌을 경험할 때가 있는데 이런 악골은 피질골의 골질이 치밀한 Type1이나 골

수강 내의 골질은 Type4이나 지방골수로 대부분 채워져 있는 것을 볼 수 있다. 하악에서 치아 상실 후 무치악 상태가 되면 치조골이 흡수되면서 골수강은 점차 확장되고 피질골이 얇아지며 확장된 골수강 내에 지방화가 진행되면서 성긴 골소주 구조를 갖게 된다⁹⁻¹¹). 하악에서 임플란트 식립할 때 골질이 느슨한 골은 두꺼운 피질골과 밀도가 낮은 골수강을 갖는 망상골로 이루어진 골이다. 두꺼운 피질골은 혈액공급 상태가 좋지 않고 임플란트 식립을 위한 수용부 형성이 어려우며 과열에 의한 골손상 위험이 있다. 또한 밀도가 낮은 골수강을 가진 골은 임플란트 골 접촉 면적이 작고 임플란트 식립시 초기 안정성을 얻기가 어려워 임플란트 실패율이 높다²⁴).

본 연구에서 골질이 느슨한 하악골과 유사한 형태를 가진 골로서 두껍고 치밀한 피질골과 성긴 골소주를 가진 성견의 경골을 선택하여 사용하였다. 방사선 검사에 의해 무치악 부위의 골질을 평가할 수 있으나 특히 협설측 피질골이 두꺼운 하악에서는 골수강 내부의 골질을 정확하게 진단할 수 없는 문제가 있다. 또, 컴퓨터 단층촬영으로 잔존골의 골질과 형태를 비교적 정확하게 진단할 수 있으나 촬영비용이 비싸 제한적으로 사용되고 있다. 소성의 골질에서 임플란트 성공율을 향상시키기 위한 몇가지 방법들이 제안되었다. Adell 등²⁵)은 소성의 골질에서 임

플란트를 식립할 때 식립 후 치유기간을 연장할 것을 권고하였다. 많은 학자들⁽⁶⁾¹⁶⁻¹⁹⁾은 동물실험과 인체 연구에서 거친 표면을 가진 임플란트가 평활한 표면(machined surface)을 가진 임플란트에 비해 더 높은 골-임플란트 접촉률을 나타낸다고 하였다. 임상적으로도 소성의 골질을 가진 악골에서 평활한 표면 보다 거친 표면을 가진 임플란트를 식립할 때 성공율이 더 높아 거친 표면을 가진 임플란트가 추천된다²⁶⁾.

본 연구에서 실험군에서는 골수강 내의 골질을 치밀화시키기 위해 임플란트 수용부에 자가장골 분쇄골수망상골을 충전 이식하고 임플란트를 식립한 다음 8주 후에 실험동물을 희생시키고 경골 골수강 내의 골질, 골-임플란트 접촉률 및 골유착 정도를 골이식을 시행하지 않는 대조군과 방사선적, 조직학적 및 조직형태측학적으로 상호 비교하였다.

임플란트 골유착에 대한 평가 방법으로 조직학적 검사가 가장 정확하고 신뢰할 있는 방법이나 실제 환자에서는 사용할 수 없으므로 보조적인 방법으로서 방사선 검사, 컴퓨터 단층촬영 등이 사용되고 있다. 이 중에서 가장 많이 사용하고 있는 방사선 검사는 하악에서 임플란트 골유착을 평가하기에는 정확하지 않다. 하악골은 협설측 피질골이 비교적 두껍기 때문에 협설측으로 촬영되는 구내표준 필름이나 파노라마 사진에서 골수강 내부에 위치한 임플란트-골 계면은 협설측의 피질골과 중첩되어 양호한 골유착 소견을 가진 것으로 오진될 가능성이 높다. 이들 방사선 사진에서 수질골이나 골수강 내부의 골량이나 골질에 대한 정보를 얻기가 어렵다. 본 연구에서 협설측 방향으로 촬영된 방사선사진상에서 대조군의 임플란트 주위에는 방사선 불투과상 등 별다른 이상 소견없이 양호한 골유착 상태를 나타낸 것처럼 보였으나, 절단면을 따라 촬영된 방사선 사진에서 골수강 내부에 골소주는 거의 존재하지 않았고 임플란트와 골과의 접촉도 거의 없었음을 확인할 수 있었다. 반면에, 실험군에서는 골수강 내에 골소주가 관찰되었으며 이 골소주의 일부는 임플란트와 접촉되어 있었다. 따라서 골수강 내에 골소주가 거의 없는 하악골에서 구내표준필름이나 파노라마 방사선 소견만으로 임플란트 골유착 상태를 평가하는 것은 부정확하다고 사료된다.

본 연구에서 임플란트 식립 후 8주째에 조직학적 검사를 시행한 결과 대조군의 골수강 내에서는 골소주가 거의 존재하지 않았고 임플란트 골유착 소견도 거의 관찰되지 않았다. 반면에, 경골 골수강 내에 자가장골 분쇄골수망상

골이식과 동시에 임플란트를 식립한 실험군의 골수강 내에서는 다량 골과 연결되어 있었다. 조직형태측학적으로 분석한 결과 실험군의 골수강 내에서 평균 골-임플란트 접촉률은 $75.6 \pm 6.5\%$ 로 대조군의 $27.1 \pm 9.0\%$ 에 비해 유의하게 높았다($p < 0.01$). 따라서 골밀도가 낮은 골수강을 가진 하악골에 임플란트를 식립할 때 골수강 내에 골이식을 동시에 시행하면 골수강 내의 골질을 치밀하게 개선시킬 뿐만 아니라 보다 양호한 골유착을 얻을 수 있다고 사료된다.

향후 임상에서 느슨한 골질의 하악골에 임플란트를 식립할 때 골수강 내에 골이식을 동시에 시행할 경우 임플란트의 장기적인 성공율에 미치는 영향에 관하여 체계적인 연구와 평가가 더 필요하리라 사료된다.

요 약

본 연구는 경골의 골수강 내에 자가장골을 이식하지 않고 통상적인 방법으로 임플란트를 식립한 대조군($n=6$)과 자가장골을 골수강 내로 이식하고 임플란트를 식립한 것을 실험군($n=6$)에서 임플란트를 식립한 후 8주째에 실험동물을 희생시키고 골-임플란트 시편에 대한 방사선적, 조직학적 및 조직형태측학적으로 평가하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

- 1) 방사선학적 소견에서 피질골 부위의 임플란트는 대조군과 실험군 모두 양호한 골접촉 소견을 보였다. 실험군에서는 골수강 내에 소량의 골소주들이 관찰되었으며 이 골소주의 일부는 임플란트와 접촉되어 있었다.
- 2) 조직학적 소견에서 피질골 부위에서는 대조군과 실험군 모두에서 양호한 임플란트 골유착 소견을 보였다.
- 3) 조직형태측학적으로 평가한 결과 골수강 내에서 실험군의 평균 골-임플란트 접촉률은 $75.6 \pm 6.5\%$ 로 대조군의 $27.1 \pm 9.0\%$ 에 비해 유의하게 높았다($p < 0.01$).

이상의 결과에서 느슨한 골질의 성견 골수강에서 자가장골 분쇄골수망상골이식과 동시에 임플란트를 식립할 때 골수강 내의 골질을 치밀화시키고 양호한 골유착을 얻을 수 있음을 시사한다.

References

- 1) Buchter A, Kleinheinz J, Wiesmann HP, Jayaranan M, Joos U, Meyer U, et al : *Biological and biomechanical*

- aluation of bone remodelling and implant stability after using an osteotome technique. *Clin Oral Impl Res* 2005 ; 16 : 1-8
- 2) Friberg B, Jemt L, Lekholm U : Early failures in 4,641 consecutively placed Branemark dental implants. a study from stage I surgery to the connection of completed prostheses. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1991 ; 6 : 142-146
 - 3) Jaffin RA, Berman CL : The excessive loss of Branemark fixtures in type IV bone. a 5 year analysis. *J Periodontol* 1991 ; 62 : 2-4
 - 4) Truhlar RS, Morris HF, Ochi S, Winkler S : Second-stage failures related to bone quality in patients receiving endosseous dental implants. *DICRG Interim Report No. 7. Implant Dent* 1994 ; 3 : 252-255
 - 5) Lekholm U, Zarb GA : Patient selection and preparation. In *Branemark P-I, Zarb GA, Albrektsson T, et al. Tissue integrated prostheses. Osseointegration in clinical dentistry. 1st ed, Chicago, Quintessence, 1985 : 199-209*
 - 6) Trisi P, Rao W, Rebaudi A : A histometric comparison of smooth and rough titanium implants in human low-density jaw bone. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1999 ; 14 : 689-698
 - 7) Bryant SR : The effects of age, jaw site, and bone conditions on oral implant outcomes. *Int J Prosthodont* 1998 ; 11 : 470-490
 - 8) Goodacre CL, Kan JYK, Rungcharassaeng K : Clinical complications of osseointegrated implants. *J Prosthet Dent* 1999 ; 81 : 537-552
 - 9) Archis U (배용철, 박광범공역) : 인체조직을 통해 관찰한 구강내 여러조직의 가령변화. *나래출판사, 2000 : 30-59*
 - 10) Atkinson PJ, Woodhead C : Changes in human mandibular structure Withage. *Arch Oral Biol* 1968 ; 13 : 1453-1464
 - 11) Wowern N von, Stoltze K : Age differences in cortical width of mandibles determined by histoquantitation. *Scand J Dent Res* 1979 ; 87 : 225-233
 - 12) Wowern N von, Gotfredsen K : Implant-supported overdentures, a prevention of bone loss in edentulous mandibles? A 5-year follow-up study. *Clin Oral Impl Res* 2001 ; 12 : 19-25
 - 13) Becker W, Hujoel PP, Becker BE, Willingham H : Osteoporosis and implant failure. an exploratory case-control study. *J Periodontol* 2000 ; 71 : 625-631
 - 14) Carlsson L, Rostlund T, Albrektsson B, Albrektsson T : Implant fixation improved by close fit. *Acta Orthop Scand* 1988 ; 59 : 272-275
 - 15) Adell R, Lekholm U, Branemark PI : A 15 year study of sseo-integrated implants in the treatment of edentulous jaw. *Int J Oral Surg* 1981 ; 10 : 387-416
 - 16) Weng D, Hoffmeyer M, Hurzeler MB, Richter EJ : Osseotite® vs. machined Surface in poor bone quality. A study in dogs. *Clin Oral Impl Res* 2003 ; 14 : 703-708
 - 17) Weinlaender M, Kenney EB, Lekovic V, Beumer J 3rd, Moy PK, Lewis S, et al : Histomorphometry of Bone apposition around three types of endosseous dental implants. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1992 ; 7 : 491-496
 - 18) Cordioli G, Majzoub Z, Piattelli A, Scarano A : Removal torque and histomorphometric investigation of 4 different titanium surfaces. An experimental study in the rabbit tibia. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2000 ; 15 : 668-674
 - 19) 홍후석, 김태희, 류승희 : 성견 경골에서 표면처리 방법이 다른 4종의 임플란트 골유착에 관한 비교 연구. *대한구강악안면외과학회지* 2005 ; 31 : 46-54
 - 20) Summers RB : A new concept in maxillary implant surgery. the osteotome technique. *Compend Cont Edu Dent* 1994 ; 15 : 152-158
 - 21) Nkenke E, Kloss F, Wiltfang J, Schultze-Mosgau S, Radespiel-Troger M, Loos K, et al : Histomorphometric and fluorescence microscopic analysis of bone remodelling after installation of implants using an osteotome technique. *Clin Oral Impl Res* 2002 ; 13 : 595-602
 - 22) Devlin H, Horner K, Ledgerton D : A comparison of maxillary and mandibular bonemineral density. *J Prosthet Dent* 1998 ; 79 : 323-327
 - 23) Keller JC, Stewart M, Schneider GB : Osteoporosis-like bone conditions affect osseointegration of implants. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2004 ; 19 : 687-694
 - 24) Misch CE : *Contemporary Implant Dentistry. Mosby Co, 1999 ; 109-155*
 - 25) Adell R, Lekholm U, Branemark PI : Surgical procedures. In *Branemark P-I, Zarb GA, Albrektsson T, et al. Tissue integrated prostheses. Osseointegration in clinical dentistry. 1st ed, Chicago : Quintessence, 1985 : 211-232*
 - 26) Sullivan DY, Sherwood RL, Mai TN : Preliminary results of a multicenter study evaluating a chemically enhanced surface for machined commercially pure titanium implants. *J Prosthet Dent* 1997 ; 78 : 379-386