

# 가토의 경골을 이용한 자가 생골과 사골 이식에 대한 실험적 비교

경희대학교 의과대학 정형외과학교실

유명철 · 안진환 · 구인화

= Abstract =

## Autogenous Living Bone Graft and Dead Bone Graft in the Rabbit Tibia

Myung Chul Yoo, M.D., Jin Hwan Ahn, M.D. and In Hoi Koo, M.D.

*Department of Orthopedic Surgery, College of Medicine, Kyung Hee University, Seoul, Korea*

A tibial segment in 3cm length with vascular pedicle and periosteum (Living bone graft) and the segment without vascular pedicle and periosteum (Dead bone graft) was obtained from twenty four rabbits, being divided into two group respectively.

Then it was replaced with the segmental bone in the initial osteomized defect.

The grade of healing and the time factor required to accomplish the repair of resected segmental tibial transplant was determined at one week interval during one to eight weeks, aimed by the comparative studies of microscopic (gross), radiological as well as histological observation during the healing process.

The average time of callus formation in the living bone graft was approximately two weeks, as compared to four weeks of the dead bone graft. Radiographically the average time of bone union in the living bone graft was four weeks, compared with seven weeks for the dead bone graft. The living bone graft was permitted to the healing process of the simple fracture at the graft-recipient bone juncture, in the contrast with the dead bone graft it was united with replacement of the grafted bone by new bone, so called "creeping substitution".

**Key Words :** Autogenous living bone graft, Dead bone graft, Rabbit tibia.

### I. 서 론

골 이식술은 19세기 말 Barth<sup>2)</sup>에 의해 도입되어 불유합의 치료, 관절의 고정술, 외상으로 인한 심한 골 결손이나 골 절제가 필요한 골 종양 치료 등에 사용되고 있다. 종래에 사용하던 전통적인 방법으로는 자가 이식 (autograft), 이인자형 이식 (allograft), 이종 이식 (xenograft) 등이 있으며 이러한 골 이식에서는 혈류 순환이 되지 않아 이식골의 골세포 (osteocyte)가 대부분 죽으므로 이식골은 creeping substitution<sup>26)</sup>으로 치유가 되나, 이식골과 수용골의 불유합, 이식골의 흡수, 골절, 이식골 융합 (incorporation)에 장시간 고정이나 교정이 필요하는 등 많은 문제점이 있으며 그 결과도 불량한 경우가 많다.

최근 미세수술 발달로 인해 혈관부착유리 이식 골편을 사용하여 이식골에 혈류 순환을 가능케하여 생골 이식

(living bone graft)을 임상에 많이 사용한다.

이러한 생골 이식에서는 이식골의 골세포가 살아있으므로 이식골과 수용골 연결부에 단순 골절 치유와 같은 과정이 일어나며, 빨리 안정되어 고정 기간의 단축, 빠른 골 융합, 이식골의 비대등을 얻을 수 있다.

그러나 이러한 생골 이식과 사골 이식 (dead bone graft)의 치유 과정에 따른 치유 기전과 변화를 조사하기 위하여 다음과 같은 실험 모델 (model)을 이용하여 육안적, 방사선적, 조직학적 검사를 통해 비교 관찰한 결과를 보고하는 바이다.

### II. 실험재료 및 방법

#### 1. 실험 재료

실험 동물로써 규정 사료로 사육한 체중 2.5~3.0kg의 건강한 한국산 성숙가로 48마리를 자웅 구별없이 일측의

경골을 사용하였다.

## 2. 실험 방법

가토의 경골 골간부를 실험 부위로 하여 생골 이식군 24마리와 대조군으로 사골 이식군 24마리로 나누어 각각 다음과 같은 실험을 하였다.

각 실험 가토는 20% urethane을 체중 1kg당 5cc씩 복강내 주입하여 전신 마취를 한 후 슬관절에서 발목관절까지 하퇴부의 털을 충분히 제거한 후 본 교실에서 제작한 실험용 수술대 위에 양외위로 고정하고, Betadine 용액과 75% alcohol로 소독한 후 무균성 조작으로 하퇴부의 피부를 전외측 도달법으로 경골 조면(tibial tuberosity) 외측에서 5cm 가량 종방향으로 전개하여 심부 근육을 절개 후 전경골근(tibialis anterior muscle)을 노출하여 외측으로 전인하고 골막 손상없이 경골 골간부(diaphysis)를 노출시켰다.

생골 이식군: 전경골근을 외측으로 전인하여 경골과 비골사이로 지나가는 전경골동맥(anterior tibial artery)을 찾아 이 동맥의 분지인 주영양동맥(principal nutrient artery)이 경골과 비골의 유합부(synostosis) 직상방에서 골간부로 들어가는 것을 확인하여 이 혈관이 손상받지

않게 박리하여 보호한 후 경골 조면 하단에서 1.5cm 하방에 절골술을 시행하고 이 절골면에서 3cm하방에 다시 절골술을 시행하여 주영양 혈관과 골막이 부착된 길이 3cm의 골편을 만들어 생골 이식 골편으로 사용 하였다(Fig. 1).

사골 이식군: 생골 이식군과 같은 방법으로 주영양 동맥을 찾아 결찰하고 같은 위치에 각각 절골술을 시행하고 골편을 들어내어 골편으로 들어가는 모든 혈류를 차단하고 골막을 완전히 제거한 길이 3cm의 골편을 만들어 사골이식 골편으로 사용하였다(Fig. 2).

절골술을 시행한 후 생골 이식 골편의 혈류 순환 여부는 절골편의 양 단에서 출혈이 되는 것으로 생명력을 확인하였다.

이식 골편은 원래의 제위치에 정복한 후 근위 및 원위 골편과 이식 골편에 각각 2개의 금속핀(Kirschner-wire)으로 도합 6개의 핀들을 횡열로 삽입하고 resin을 사용하여 금속 외고정술로 골편들을 고정하였다(Fig. 3).

수술후 상처 부위는 항생제(Geopen 1.0gm)를 섞은 생리 식염수로 충분히 세척한 후 각 층별로 4-0 Dexon과 4-0 Silk 로써 상처를 봉합하고 가토가 마취에서 깨어난 직후 사육장 내에서 자유롭게 움직이도록 방치하여 체중

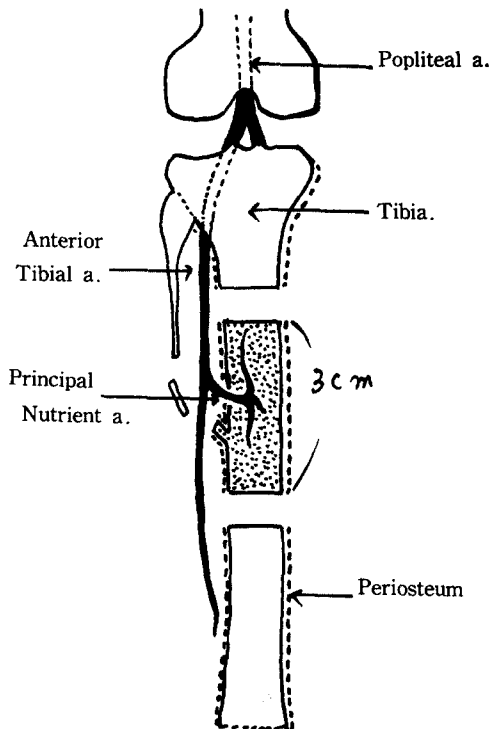


Fig. 1. 생골 이식 골편 채취 모식도; 주영양 혈관과 골막이 부착된 길이 3cm의 골편을 만들어 생골 이식골편으로 사용하였다.

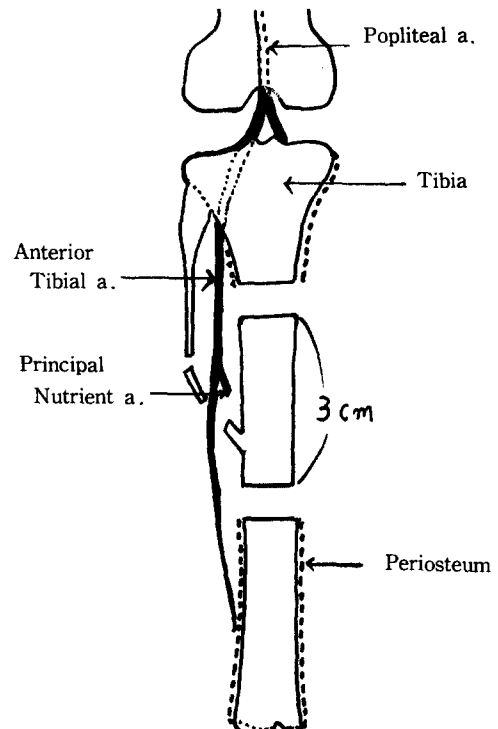


Fig. 2. 사골 이식 골편 채취 모식도; 모든 혈류를 차단하고 골막을 완전히 제거한 길이 3cm의 골편을 만들어 사골 이식 골편으로 사용하였다.

부하를 시켰다.

### 3. 표본 채취 및 제작

골 이식술 후 유합 과정을 관찰하기 위해 1주에서 8주까지 각 주별로 양쪽 실험군에서 3마리씩 도살하여 실험

한 경골을 주위 연부 조직이 부착한 채로 채취하여 육안적으로 절골부의 상태 및 골 유합 정도를 관찰하고, 방사선적 변화에 대해서는 신생골소주(trabecula)가 절골선을 지나는 정도, 절골선의 소실 여부, 외가골(external callus)이 절골부를 연결시킨 상태 등 일반 방사선 소견을 조사하고, 7일간 10% neutral formalin에 고정한 후 10% nitric acid에 5일간 탈회시켜 파라핀에 포매한 후 Hematoxylin-Eosin염색을 하여 광학 현미경 하에 조직학적 변화를 관찰하였다.

## III. 실험 결과

### 1. 육안적 소견(Table 1,2)

생골 이식군에서 이식한 골편은 1주부터 골막과 주위 연부 조직이 그대로 생존하여 수용처의 주위조직과 치유되는 양상을 보였다. 1주째 절골부에는 혈종(hematoma)이 섬유막에 싸여 있으며, 2주째 절골부는 섬유 조직과 약간의 외가골로 연결되어 있고, 가운동(pseudomotion)이 있었다. 3주째 절골부에는 외가골 양이 증가하였으며, 가운동은 일어나지 않았으며, 4주째 외가골 형성이 제일 많았다. 8주째 절골부는 충분한 외가골이 형성되어 경고한 골 유합 상태를 보였다(Fig. 4-A, B, C).

사골 이식군에서 이식한 골편은 2주까지 전혀 결체조직의 피복이 없는 상태로 있었으며, 3주부터는 결체조직의 피복을 인지할 수 있었다. 3주째 절골부는 섬유 조직으로 연결되어 있었으며, 4주째 절골부에 외가골 형성이

**Fig. 3.** 골편을 제위치에 정복후 resin을 이용하여 금속 외고정술로 골편을 고정하였다.

**Table 1.** Gross and radiological analysis : libing bone graft

Weeks Findings	1	2	3	4	5	6	7	8
Pseudomotion	+	+	-	-	-	-	-	-
External callus	-	+	+	+++	++	++	+	+
Osteotomy line	+	+	+	-/+*	-/-	-/-	-/-	-/-
Trabecula	-	-	-	-/-	+/-	+/+	+/+	+/+

\*proximal site/distal site

**Table 2.** Gross and radiological analysis : dead bone graft

Weeks Findings	1	2	3	4	5	6	7	8
Pseudomotion	+	+	+	+	+	-	-	-
External callus	-	-	-	+	++	++	++	+
Osteotomy line	+	+	+	+	+	+	-/+*	-/-
Trabecula	-	-	-	-	-	-	±/-	+/+

\*proximal site/distal site

조금 있었으나 가운데는 계속 있었으며, 6주째 가운데는 일어나지 않았고, 8주째 거의 완전한 골 유합 소견을 보였다(Fig. 5-A, B, C).

## 2. 방사선 소견(Table 1, 2)

생골 이식군에서는 2주째 절골부에 외가골 형성이 나타났으며, 4주째 절골선의 소실을 보이며 더 많은 외가골 형성을 나타내어 거의 완전한 골 유합상을 보였다. 최종 8주째는 절골부에 뚜렷한 골수강이 재건되었다(Fig. 6).

사골 이식군에서는 4주째 비로소 외가골 형성이 나타나기 시작하였으며, 6주째까지도 절골선이 뚜렷이 보였

으며 외가골 형성은 약간 증가된 소견을 보였다. 7주째 절골선이 소실되면서 신생골소주가 지나가기 시작하나, 8주째 뚜렷한 골수강의 재건은 보이지 않았다(Fig. 7).

## 3. 조직학적 소견

생골 이식군의 절골부에서는 1주째 혈종이 형성되고 혈종 주위에 모세혈관 증식이 심하여 혈관을 따라 교원질 섬유(collagen fiber)의 침착이 심해지며, 2주부터는 류골(osteoid)이 나타나기 시작하여 4주째는 거의 완전한 외가골 형태로 형성되어 조직학적으로는 이식골과 골유합이 된 소견을 보였다. 8주 경과된 표본에서는 절골선의 흔적을 찾아 볼 수 없고 성숙한 신생 골소주로 연결되어

**Fig. 4.** 생골 이식군의 육안적 소견으로 (A) 1주째 이식골 주위로 혈종이 섬유막에 피복되어 있는 소견을 보이며 (B) 3주째 외가골 형성이 충만되어 골유합상이 상당히 진행되고 있는 소견을 보이며 (C) 8주째 골수강이 완전히 재건되고 경고한 골 유합의 소견을 보였다.

**Fig. 5.** 사골 이식군의 육안적 소견으로 (A) 1주째 약간의 혈종이 생기고 골막 및 결체조직의 피복이 없는 소견을 보이며 (B) 4주째 약간의 외가골 형성을 보이며 (C) 8주째 골유합은 이루어졌으나 골수강 재건은 완전하지 않은 소견을 보였다.

사이사이에 파골 세포(osteoclast)가 출현하여 재모형(remodeling) 과정이 일어나고 있음을 나타내었다(Fig. 8 A-F).

한편 이식 골편에서는 1주째 그 골막하에 교원질 섬유 증식이 관찰되고, 교원질 섬유 사이에 모세 혈관 증식이 나타났다. 이러한 소견은 거의 동시에 류골의 침착을 동반하는데, 골막의 내측에서 기원한 류골이 피질골(cortical bone)을 향하여 수직으로 교원질 섬유 사이에 침착하였다. 3주 이후에 류골에 골아세포(osteoblast)가 선상으로 배열하게 되고 점차 그 기질에 석회화가 이루어졌

다.

이식 골편 자체는 전 실험 기간 동안 생존하였고, 골수강 내 조혈 세포들도 생존하였다(Table 3).

사골 이식군의 절골부에서는 1주째 약간의 혈종이 생기고 이 혈종은 3주까지 점차 증가하다가 그 후 서서히 흡수되었다. 모세 혈관 증식은 생골 이식군에 비하여 경미하였으며, 6주 이후부터 모세 혈관 증식이 심하였다. 교원질(collagen)의 증식은 3주부터 관찰되었고 뚜렷한 류골은 5주 이후부터 나타나면서 절골단이 신생골(new bone)과 융합되기 시작하였다. 8주에서는 외가골이 이

**Fig. 6.** 생골 이식군의 이식술후 1주간격의 방사선 소견으로 2주째 외가골이 나타나며, 4주째 절골선이 소실되며 골유합이 이루어지며, 8주째 뚜렷한 골수강이 재전되는 소견을 보였다.

**Fig. 7.** 사골이식군의 이식술후 1주간격의 방사선 소견으로 4주째 외가골 형성이 보이며, 7주째 절골선이 소실되며 골유합이 일어나며, 8주째 뚜렷한 골수강의 재건은 보이지 않았다.

식 골편과 수용골 사이에 완전한 연결을 보이고 수용골과 이식골 사이에는 신생 골소주 연결이 진행되면서 죽은 이식골은 원래의 죽은 형태로 유지되고 있으나 주위로 부터 흡수되어 감을 볼 수 있었다(Fig. 9A-F).

한편 이식골에서는 피질골 주위 교원 섬유 출현은 4 주 이후부터 관찰되는데 섬유 조직은 주로 절골단으로부터 시작하여 피질골 주위로 침윤 증식되고 소량은 이식 골편 주위의 근육조직 사이에서 직접 기원하였다. 7 주 이후부터 전 이식 골편의 피질골이 섬유 조직에 의해 피복(encase)되었다. 류골의 형성은 전 실험 기간을 통하여 관찰되지 않았으며 이식 골편은 주위 섬유 조직에 의

하여 점진적으로 대체되고, 절골단으로부터 7주 이후에 발생한 류골에 의해 서서히 흡수되었다.

이식 골편 자체 내의 소강(lacuna)은 비어있고, 골편 변연에는 파골 세포가 출현하고 이식골의 흡수가 일어나며 8주에서도 죽은 피질골은 잔존하고 있었다(Table 4).

#### IV. 고 찰

정형외과 영역에서 외상이나 골 종양 제거술 후 이차적으로 오는 골 결손에 대해 종래의 재건술(reconstruction)로는 1) Autograft<sup>1,5,8,18,38)</sup> 2) Transference of whole

**Fig. 8.** 생골 이식군의 조직학적 소견으로 (A) 1주째 혈종이 생기고 (B) 2주째 류골이 나타나며, (C) 3주째 왕성한 외가골 형성이 보이며 (D) 4주째 거의 완전한 외가골 형태로 형성되며, (E) 6주째 신생 골소주로 연결되고 (F) 8주째 절골선의 흔적이 없고 성숙한 신생골소주로 연결되어 있다.

bone segment<sup>6,7,12,13</sup>) 3) Allograft bone transplants<sup>21,25,28</sup>) 4) Custom made prosthesis<sup>24</sup>) 등을 사용하였다. 이들 중 자가 골 이식(autogenous bone graft)이 다른 종류의 골 이식보다 결과가 더 양호하다. 그러나 자가 골 이식에 의한 골 이식 기전은 아직 완전히 밝혀지지 않았으나, 기본적으로 두가지의 이론이 알려졌다. 한 이론은 이식 골에 살아있는 골원 세포(osteogenic cell)의 기능적인 활동성에 의해 골 형성이 일어나는 것이다<sup>4,14,35</sup>). 그러나 이런 골이식에 의해 일어나는 골 형성을 조사해 보면 이식 후 살아있는 골세포(osteocyte)와 골아세포(osteoblast)의 수가 5% 미만이다<sup>16,19</sup>).

한편 다른 여러 저자들은 화생 이론(metaplasia theo-

ry)<sup>18</sup>)이라는 이론을 주장하였는데, 이것은 이식한 장소에서 숙주의 결체조직에 유포(diffusion)되는 골형성 유발물질(osteogenesis-inducing substance) 영향 하에 골 전환(transformation)이 일어난다는 가설이다<sup>34</sup>).

현재 대부분의 연구자들은 이 두가지 기전 모두에 동의하고 있다.

자가 이식골의 생골 세포는 이식 후 직접 주위 조직으로부터 영양섭취를 전적으로 의존받기 때문에 자가 망상골 이식(autogenous cancellous bone graft)이 더 좋을 것으로 기대된다<sup>35</sup>). 이상과 같이 망상골 이식 시는 표면적이 넓을 뿐 만 아니라 골소주(trabecula)가 서로 통해 있어 숙주로 부터 혈관이 쉽게 내생(ingrowth)되어 골원

**Fig. 9.** 사골 이식군의 조직학적 소견으로 (A) 1주째 약간의 혈종이 형성되고 (B) 2주째 육아조직이 형성되고 (C) 3주째 교원질의 증식이 있으며 (D) 4주째 이식골편의 흡수가 되며 (E) 6주째 골유합이 이루어지기 시작하고 (F) 8주째 신생골소주의 연결을 볼 수 있다.

Table 3. Histological analysis : living bone graft

Site	Change	Weeks							
		1	2	3	4	5	6	7	8
Osteotomy site	Hemorrhage	+++	+	±	-	±	+	-	+
	Vascularization	+	++	++	++	+	++	±	+
	Collagen fibrosis	+	++	+++	+++	++	++	+	±
	Osteoid	-	+	+++	+++	+++	++	+	+
	Ossification	-	-	+	+++	++	++	+++	+++
Grafted segment	Collagen	+	++	+	++	-	+	++	++
	Vascularization	+	++	++	++	++	++	++	++
	Osteoid	+	++	++	++	++	++	++	++
	Viability	+	+	+	+	+	+	+	+

Table 4. Histological analysis : dead bone graft

Site	Change	Weeks							
		1	2	3	4	5	6	7	8
Osteotomy site	Hemorrhage	+	+	++	++	±	+	-	±
	Vascularization	-	+	+	+	±	++	++	++
	Collagen fibrosis	-	±	++	++	++	+	++	+
	Osteoid	-	-	-	+	±	+	+	++
	Ossification	-	-	-	±	±	±	±	++
Grafted segment	Collagen	-	-	-	+	+	+	++	++
	Vascularization	-	±	+	++	++	+	++	++
	Osteoid	-	-	-	-	±	-	-	-
	Viability	-	-	-	-	-	-	-	-

세포(osteogenic cell)로 분화되도록 허용한다<sup>9,38</sup>). 그러나 견고한 피질골의 경우는 단단한 골피질이 혈관 유입의 장벽 역할을 하여 골세포의 생존을 방해하여 대부분의 이식골의 세포들은 살지 못하므로 이식골은 흡수되면서 신생골에 의해 대체(replacement)되어 수복(repair)된다<sup>35</sup>).

이와같이 죽은 피질골은 creeping substitution<sup>26</sup>) 기전에 의해 대체된다. 그러므로 자가 골 이식은 이식 후 이식골에 혈류 순환이 되지 않아 이식골의 세포들이 거의 대부분 죽으므로, 이식골과 수용골(recipient bone)의 불유합, 흡수(resorption), 관절면의 함몰(collapse of articular segment), 이식골의 골절, 장기간의 고정 필요하는 등이 생길 수 있다<sup>37</sup>). 이러한 자골 이식의 문제점을 방지하기 위해서는 골 이식 후 이식골에 혈류 공급이 계속되어, 이식골의 세포가 많이 생존하여 골 형성에 기여하도록 하여야 한다<sup>36</sup>). 1905년 Huntington<sup>17</sup>)이 혈관부착 골 이식의 사용에 대해 언급하였으며, 1918년 Blair<sup>3</sup>)가 하

악골(mandible bone) 결손에 대해 늑골(rib)이나 쇄골(clavicle)을 복합 피판(compound flap)으로써 사용하는 것을 기술하였다. 그 후 1970년 Synder<sup>30</sup>) 등은 이것을 확인하였으며, 1971년 Strauch, Bloomberg, Lewin<sup>29</sup>) 등은 개를 이용하여 내유방 혈관(internal mammary vessel)이 부착된 독립된 늑골을 island flap으로 하악골 재건술에 사용하였다. 그러나 이러한 방법은 혈관경(vascular pedicle)의 길이 제한을 받기 때문에 수용처의 결손과 이식골이 아주 가까이 위치한 드문 경우에만 사용할 수 있었다. 1973년 McCallough와 Fredrickson<sup>22</sup>) 등은 개를 이용하여 한정된 혈관 경을 분리하여 미세혈관 수술로 혈관 재접합술로 시행하였으며, 1974년 Östrup과 Fredrickson<sup>23</sup>) 등은 개에서 미세혈관 재접합술로 생늑골(living rib)의 유리 이식 골편을 하악골에 처음 이식하는 것을 시도하였다. 1975년 Taylor<sup>21,32</sup>) 등이 임상적으로 비골을 유리 혈관부착 이식골편으로 하여 경골 결손 재건술에 이용하여



최초로 성공하였다.

이러한 혈관부착 골 이식술<sup>10,11,15,16,23,31,36,37)</sup>은 영양혈관 공급<sup>33)</sup>을 유지 시킴으로 이식골에 골세포와 골아세포 등이 대부분 생존하여<sup>16)</sup> 이식골이 creeping substitution의 대체(replacement)없이 수용골에 골융합이 일어나는 즉 단순 골절 치유 과정이 일어난다<sup>37)</sup>. 그러므로 이러한 생골 이식은 빠른 골융합, 이식골의 비대와 성장<sup>11)</sup>, 단기간의 고정으로 큰 골결손에 의해 분리된 골편이 생명력의 회생없이 빠른 안정을 얻을 수 있다. 그래서 특히 골 결손 부위가 손상을 심하게 받은 부위나 조사(irradiated)된 부위에 위치할 때 또한 심한 반흔 조직이 있고, 비교적 무혈성(avascularity)부위에 위치할 때 생골 이식이 매우 유용하며<sup>35)</sup>, 그 외 임상적으로 난치성 불유합, 심한 골 결손, 가관절 형성증, 골괴사증, 종양 절제술등의 치료에 특히 유용하다.

\* 제 26차 추계학술대회때 토론내용.

\* 이수용 교수의 토론 :

1. 사골 이식이라는 말에서 사골의 정의?

본 실험에서 사골 이식이라는 개념은 혈관과 골막을 제거한 즉 non-vascularized bone graft를 의미하며, Haw와 Kenzora의 보고에 의하면 혈관을 제거한 이식골편에 살아있는 골세포와 골아세포의 수는 5% 미만이라 보고하였다.

2. 생골 이식 후 이식 골편의 생명력의 관찰에 대해?

골 스캔(bone scan)을 시도하였으나 가토의 경골이 작아 스캔상 uptake의 증가 또는 감소를 파악하기는 거의 불가능하였다. 그러나 Fluorochrome bone labeling이나 Microangiography 등으로 이식 골편의 생명력을 관찰하는 방법이 있으나, 이러한 방법에 대해서는 앞으로 실험에 사용할 예정이다.

## V. 결 론

체중 2.5~3.0kg의 한국산 가토의 경골을 이용하여 길이가 3cm씩 자가 생골 이식골편과 사골 이식골편을 이식한 후 1주에서 8주까지 매주 간격으로 표본을 채취하여 육안적, 방사선적, 조직학적 검사를 시행하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 외가골 형성은 생골 이식군에서 2주에 보였으나, 사골 이식군에서는 4주에 보이며, 외가골 양도 훨씬 적었다.

2. 방사선 소견상 절골선이 없어지며 골 융합이 되는 시기는 생골 이식군에서는 4주이나, 사골 이식군에서는 7주였다.

3. 이식 골편은 생골 이식군에서 전실험 기간 동안 생존하였으나, 사골 이식군에서는 생존하지 않았다.

4. 절골부는 생골 이식군에서 단순 골절 치유 과정으로 이식골 융합이 진행되었으나, 사골 이식군에서는 이식 골편이 주위조직으로 부터 일부 흡수되면서 신생골로 바뀌는 creeping substitution의 기전으로 골 융합이 진행되었다.

이상의 결론으로 생골 이식은 사골 이식보다 육안적, 방사선적, 조직학적으로 빨리 골 융합이 일어나므로 생골 이식의 적용은 임상적으로 매우 유용할 것으로 사료된다.

## REFERENCES

- 1) Albee, F.H. : *The classic. Transplantation of a Portion of the Tibia into the Spine for Pott's Disease. A Preliminary Report. Clin. Orthop.*, 87:5-8, 1972.
- 2) Barth, Arthur. : *Histologische Untersuchungen über Knochenimplantationen. Beitr. Pathol. Anat.*, 17:64-142, 1895.
- 3) Blair, V.P. : *Surgery and Diseases of the Mouth and Jaws. p269, C.V. Mosby Co., St. Louis, 1918.*
- 4) Bohr, H., Ravn, H.O., and Werner, H. : *The Osteogenic Effect of Bone Transplants in Rabbits. J. Bone and Joint Surg.*, 50-B:866-873, Nov. 1968.
- 5) Boyd, H.B. : *The Treatment of Difficult and Unusual Non-unions. With Special Reference to the Bridging of Defects. J. Bone and Joint Surg.*, 25:535-552, July 1943.
- 6) Burchardt, H., Busbee III G.A. and Enneking, W.F. : *Repair of Experimental Autologous Grafts of Cortical Bone. J. bone and Joint Surg.*, 57-A:814-819, Sep. 1975.
- 7) Campbell, W.C. : *Transference of the Fibula as an Adjunct to Free Bone Graft in Tibial Deficiency. J. Orthop. Surg.*, 7:625-631, 1919.
- 8) Chase, S.W. and Herndon, C.H. : *The Fate of Autogenous and Homogenous Bone Grafts. A Historical Review. J. Bone and Joint Surg.*, 37-A:809-841, July 1955.
- 9) Deleu, J. and Trueta, J. : *Vascularisation of Bone Grafts in the Anterior Chamber of the Eye. J. Bone and Joint Surg.*, 47-B:319-329, May 1965.
- 10) Doi, K., Tominaga, S. and Shibata, T. : *Bone Grafts with Microvascular Anastomoses of Vascular Pedicles. An Experimental Study in Dogs. J. Bone and Joint Surg.*, 59-A:809-815, Sept. 1977.
- 11) Donski, P.K., Carwell, G.R. and Sharzer, L.A. : *Growth in Revascularized Bone Grafts in Young Pup-*

- pies. *Plast. & Reconstr. Surg.*, 64:239-243, 1979.
- 12) Enneking, W.F., Burchardt, H., Puih, J.J. and Piotrowski, G. : *Physical and Biological Aspects of Repair in Dog Cortical Bone Transplants. J. Bone and Joint Surg.*, 57-A:237-252, Mar. 1975.
  - 13) Enneking, W.F., Eady, J.L. and Burchardt, H. : *Autogenous Cortical Bone Grafts in the Reconstruction of Segmental Skeletal Defects. J. Bone and Joint Surg.*, 62-A:1039-1058, Oct. 1980.
  - 14) Goldberg, V.M. and Lance, E.M. : *Revascularization and Accretion in Transplantation. J. Bone and Joint Surg.*, 54-A:807-816, June 1972.
  - 15) Harashina, T., Nakajima, H. and Imai, T. : *Reconstruction of Mandibular Defects with Revascularized Free Rib Grafts. Plast. & Reconstr. Surg.*, 62:514-522, 1978.
  - 16) Haw, C.S., O'Brien, B.McC. and Kurata, T. : *The Microsurgical Revascularisation of Tibia in the Dog J. Bone Joint Surg.*, 60-B:266-269, May 1978.
  - 17) Huntington, T.W. : *Case of bone Transference. Use of a Segment of Fibula to Supply a Defect in the Tibia. Ann. Surg.*, 41:249-251, 1905.
  - 18) Hutchison, J. : *The Fate of Experimental bone Autografts and Homografts. British J. Surg.*, 39:552-561, 1952.
  - 19) Kenzora, J.E. : *The Osteocyte; Living, Dying, Dead. A Histologic Functional Study. J. Bone and Joint Surg.*, 54-A:1126, July 1972.
  - 20) Ketchum, L.D., Masters, F.W. and Robinson, D.W. : *Mandibular Reconstruction Using a Composite Island Rib Flap. Case Report. Plast. & Reconstr. Surg.*, 53:471-476, 1974.
  - 21) Mankin, H.J., Fogelson, F.S., Thrasher, A.Z. and Jaffer, F. : *Massive Resection and Allograft Transplantation in the Treatment of Malignant Bone Tumors. New England J. Med.*, 294:1247-1255, 1976.
  - 22) McCullough, D.W. and Fredrickson, J.M. : *Neovascularized Rib Grafts to Reconstruct Mandibular Defects. Canad. J. Otolaryng.*, 2:96, 1973.
  - 23) Östrup, L.T. and Fredrickson, J.M. : *Distant Transfer of a Free, Living Bone Graft by Microvascular anastomosis. Plast. & Reconstr. Surg.*, 54:274-285, 1974.
  - 24) Ottolenghi, C.E. : *Massive Osteo and Osteo-articular bone Grafts. Technic and Results of 62 Cases. Clin. Orthop.*, 87:156-164, 1972.
  - 25) Parrish, F.F. : *Allograft Replacement of All or Part of the End of a Long Bone following Excision of a Tumor. Report of Twenty-one Cases. J. Bone and Joint Surg.*, 55-A:1-22, Jan. 1973.
  - 26) Phemister, D.B. : *The Fate of Transplanted bone and Regenerative Power of Its Various Constituents. Surg., Gynec. and Obstet.*, 19:303-333, 1914.
  - 27) Puckett, C.L., Hurvitz, J.S., Metzler, M.H. and Silver, D. : *Bone Formation by Revascularized Periosteal and Bone Grafts, Compared with Traditional Bone Grafts. Plast. & Reconstr. Surg.*, 64:371-365, 1979.
  - 28) Simmons, D.J., Sherman, N.E. and Lesker, P.A. : *Allograft Induced Osteoinduction in Rats. Clin. Orthop.*, 103:252-261, 1974.
  - 29) Strauch, B., Bloomberg, A.E. and Lewin, M.L. : *An Experimental Approach to Mandibular Replacement. ; Island Vascular Composite Rib Grafts. Brit. J. Plast. Surg.*, 24:334-341, 1971.
  - 30) Synder, C.C., et al : *Mandibulo-facial Restoration with Live Osteocutaneous Flaps. Plast. & Reconstr. Surg.*, 45:14-19, 1970.
  - 31) Taylor, G.I. : *Microvascular Free Bone Transfer. Orthopedic Clinics of North America. Vol. 8:425-447, April 1977.*
  - 32) Taylor, G.I., Miller, G.D.H. and Ham, F.J. : *The Free Vascularized Bone Graft. Plast. & Reconstr. Surg.*, 55:533-544, 1975.
  - 33) Trueta, J. and Caladias, A.X. : *A Study of the Blood Supply of the Long Bones. Surg. Gynec. and Obstet.*, 118:485-498, 1964.
  - 34) Urist, M.R. and McLean, F.C. : *Osteogenic Potency and New-Bone Formation by Induction in Transplants to the Anterior Chamber of the Eye. J. Bone and Joint Surg.*, 34-A:443-467, April 1952.
  - 35) Weiland, A.J. : *Current Concepts Review Vascularized Free Bone Transplants. J. Bone and Joint Surg.*, 63-A: 166-169, Jan. 1981.
  - 36) Weiland, A.J. and Daniel, R.K. : *Microvascular Anastomoses for Bone Grafts in the Treatment of Massive Defects in Bone. J. Bone and Joint Surg.*, 61-A:98-104, Jan. 1979.
  - 37) Weiland, A.J., Kleinert, H.E., Kutz, J.E. and Daniel, R.K. : *Free Vascularized Bone Grafts in Surgery of the*

*Upper Extremity. The Journal of Hand Surgery,*  
4:129-144, 1979.

38) Zucman, J., Maurer, P. and Berbesson, C. : *The*

*Effect of Autografts of Bone and Periosteum in Recent*  
*Diaphysial Fractures. J. Bone and Joint Surg., 50 -*  
*B:409-422, May 1968.*

---