

## 자가 머리뼈 이식 후 뼈결손부의 면적 변화

현경배<sup>1</sup> · 김동석<sup>2</sup> · 유선국<sup>3</sup> · 김희중<sup>4</sup> · 김용욱<sup>1</sup> · 박병운<sup>1</sup>

연세대학교 의과대학 인체조직복원연구소, 성형외과학교실<sup>1</sup>, 신경외과학교실<sup>2</sup>, 의학공학교실<sup>3</sup>, 진단방사선과학교실<sup>4</sup>

### A Size Change of Bone Defect Area after Autogenous Calvarial Bone Graft

Kyung Bae Hyun, M.D.<sup>1</sup>, Dong Suk Kim, M.D.<sup>2</sup>,  
Sun Kook Yoo, Ph.D.<sup>3</sup>, Hee Joung Kim, Ph.D.<sup>4</sup>,  
Yong Oock Kim, M.D.<sup>1</sup>, Be-young Yun Park, M.D.<sup>1</sup>

Institute of Human Tissue Restoration, <sup>1</sup>Department of Plastic and Reconstructive Surgery, <sup>2</sup>Neurosurgery, <sup>3</sup>Medical Engineering, and <sup>4</sup>Diagnostic Radiology, Yonsei University College of Medicine, Seoul, Korea

Calvarial bone grafting in craniomaxillofacial trauma and facial reconstructive surgery is now widely recognized and accepted as a standard procedure. One of the commonly reported problems of calvarial bone graft is the contour defect caused by partial resorption of the graft. But, there are few reports that discuss the fate of the calvarial bone graft based on the quantitative data. In this article, the changes of grafted calvarial bone were evaluated using 3-dimensional computed tomography(CT). 9 patients were observed with the CT scans at 2 mm thickness immediately after operation and at the time of last follow-up. The area of the bone defect was segmented on the 3-dimensional CT image and calculated by AnalyzeDirect 5.0 software. The immediate postoperative bone defect area of the recipient site and the donor site were 612.9 mm<sup>2</sup> and 441.5 mm<sup>2</sup>, respectively, which became 1028.1 mm<sup>2</sup> and 268.8 mm<sup>2</sup>, respectively at the last follow-up. In conclusion, the bone defect area was less increased on the donor site of calvarial bone graft than on the recipient site. And the CT scan is a valuable imaging method to assess and follow-up the clinical outcome of calvarial

bone grafting.

**Key Words:** Calvarial bone graft, Defect area, 3-Dimensional computed tomography

### I. 서론

머리뼈는 두개 악안면부에 선천적, 외상 후 또는 종양절제술 후 뼈결손이 광범위하게 있을 때, 재건을 위한 뼈이식의 공여부로 가장 많이 사용되고 있다. 이는 한 수술 시야에서 비교적 간편하게 채취가 가능하며, 적절한 윤곽과 굴곡 및 강도를 얻을 수 있고, 막뼈로 이루어져 이식 후 뼈흡수가 비교적 적다고 알려져 있으며, 수술 후 흉터가 모발에 의해 가리워 질 수 있다는 등 여러 가지 장점이 있기 때문이다.<sup>1</sup>

그러나 머리뼈 이식수술의 가장 큰 문제점 중 하나는 시간이 지나면서 다양한 정도의 뼈흡수가 진행된다는 것이며,<sup>2</sup> 때로는 뼈흡수의 정도가 심해 추가적인 재수술을 필요로 하기도 한다. 실제 임상적으로 재수술을 하는 경우, 아직까지는 이식뼈의 뼈흡수 정도를 정확히 측정할 수 있는 방법이 없으므로 이식한 뼈의 뼈흡수 정도를 정확히 알고 수술을 하기보다는, 임상적으로 뼈결손부의 면적이 커서 외상으로부터 뇌를 보호하는 머리뼈의 기능을 충분히 수행하지 못할 것으로 판단될 때 재수술을 시행하게 된다. 따라서 저자들은 머리뼈 이식수술 직후와 각각 추적관찰 기간까지의 3차원 전산화단층촬영에서 공여부와 수혜부에서 각각 뼈결손 부위의 면적을 비교하여 이식뼈의 변화를 알아보고자 하였다.

### II. 재료 및 방법

2000년부터 2003년까지 세브란스병원에서 두개 악안면부에 자가 머리뼈 이식수술을 받은 환자 중, 수술 직후와 추적관찰 기간 중에 3차원 전산화단층촬영을 시행했던 9명의 환자를 대상으로 하였다. 환자는 남자 8명, 여자 1명이었고, 평균 나이는 19.3세(2-30세)였으며, 수술의 적응증으로는 두개 안면부의 섬유형성이상증(fibrous dysplasia)을 제거하고 발생한 결손을 재건한 경우가 4명, 두개 내

Received March 9, 2005

Revised June 13, 2005

**Address Correspondence:** Yong Oock Kim, M.D., Ph.D.,  
Department of Plastic and Reconstructive Surgery, Yonsei University College of Medicine, 134 Shinchon-dong, Seodaemun-gu, Seoul, 120-752 Korea. Tel: 02) 361-5696 / Fax: 02) 393-6947 / E-mail: sgm625@yumc.yonsei.ac.kr

\* 본 논문은 제 57차 대한성형외과학회 추계학술대회에서 구연 발표되었음.

\* 본 논문은 한국과학재단 목격기초연구지원(R01-2002-000-002-05-0)에 의하여 연구되었음.

혈중으로 머리뼈 절제술을 시행한 환자에서 결손을 재건한 경우가 3명, 외상으로 인한 안면골 변형을 교정한 경우가 2명 있었다. 수술 직후 전산화단층촬영은 모두 수술 후 10일 이내에 촬영하였고, 추적관찰 기간의 전산화단층촬영은 각각의 환자마다 수술 후 6개월에서 30개월 사이(평균 12.1개월)에 촬영하였다(Table I). 수술은 양쪽 관상절개술을 통해 전층의 머리뼈를 채취한 후, 외측판(outer table)과 내측판(inner table)을 분리(splitting)하여, 내측판은 수혜부에 이식하고 외측판은 공여부에 다시 이식하였으며, 고정판과 나사를 이용하여 단단히 고정하였다. 전산화단층촬영 영상을 2 mm두께(12 bit, 512 × 512 pixels)로 촬영한 후, 전산화단층촬영기의 주기억장치(hard disk)로부터  $\pi$ -Viewer (Mediface, Seoul, Korea)를 인터페이스(Interface)로 사용하여 IBM 개인용 컴퓨터로 전송하였다. 모든 축면 영상(axial image) 자료는 DICOM 형식으로 저장되어 AnalyzeDirect 5.0(AnalyzeDirect, Inc. 11425 Strang Line Road Lenexa, KS, 66215 USA) 프로그램을 이용하여, 수혜부에 이식한 머리뼈와 공여부에 다시 이식한 머리뼈에 대해서, 각각 수술 직후와 각각의 추적관찰 기간중의 3

차원 재구성 전산화단층촬영 사진에서 뼈결손 부위를 가장 잘 나타내는 시야로 회전한 후, 이식부와 공여부의 뼈결손 부위를 각각 표시하여, 영상 데이터로부터 면적을 측정하였다(Fig. 1-4).

### III. 결 과

머리뼈의 내측판을 이식한 수혜부에서는 뼈결손 부위의 면적이 6명에서 증가하였고, 3명에서는 감소하였다. 외측판을 재이식한 공여부는 7명에서 뼈결손 부위의 면적이 감소하였고, 2명에서는 증가하였다. 수술 직후 결손부의 평균 면적은 수혜부 612.9 mm<sup>2</sup>, 공여부 441.5 mm<sup>2</sup>이며, 추적관찰 시 결손부의 평균 면적은 수혜부 1028.1 mm<sup>2</sup>, 공여부 268.8 mm<sup>2</sup>이었다(Table II).

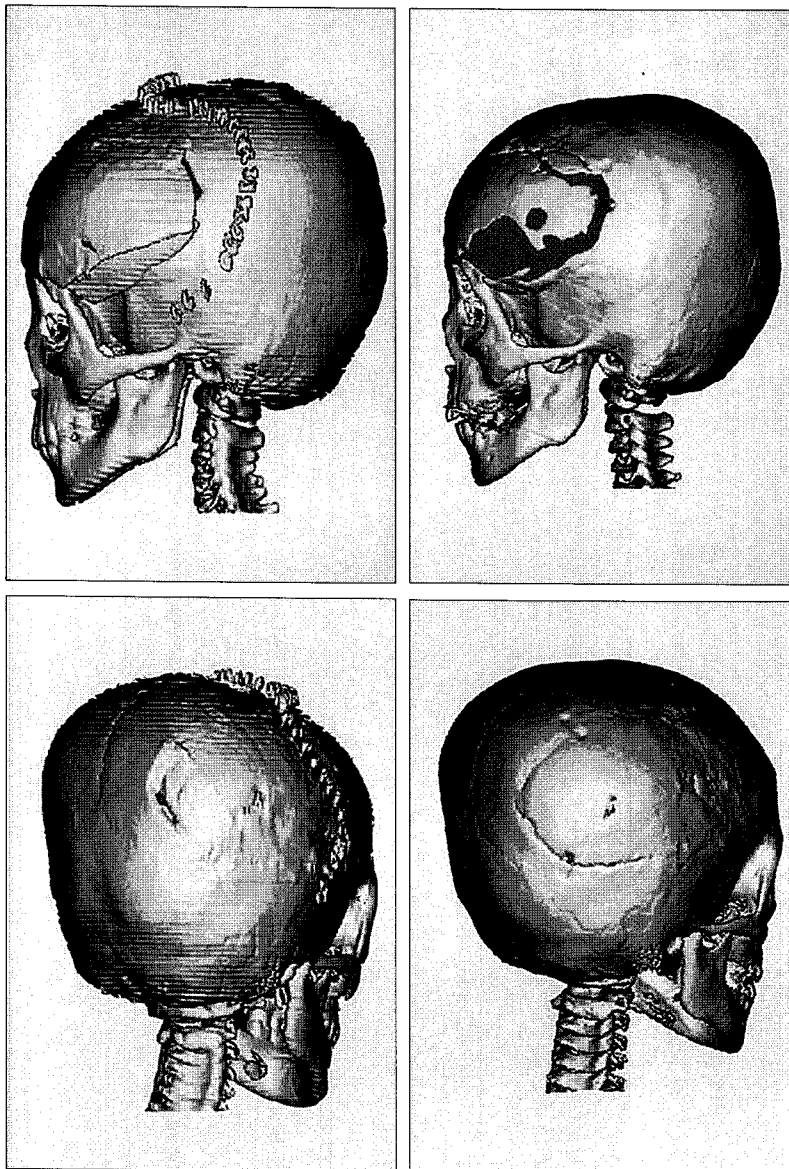
또한 동일 환자에서 수혜부와 공여부간의 뼈결손부 면적 변화의 차이가 있는지를 알아보기 위해, 각각의 환자에서 수혜부와 공여부의 뼈결손부 면적의 변화에 대해 paired t-test를 시행하였을 때, p=0.012로 통계학적으로 유의한 차이(p<0.05)가 있었다(Table III).

**Table I.** Summary of Cases

No.	Sex/Age(years)	Indication	Defect site	Follow up period(months)
1	M/2	Postoperative defect	Fronto-parietal skull	6
2	M/3	Postoperative defect	Fronto-temporal skull	15
3	F/13	Post-tumor resection	Fronto-orbital area	12
4	M/16	Post-tumor resection	Frontal skull, zygoma, maxilla & orbit	30
5	M/17	Post-tumor resection	Lateral orbital wall & anterior maxilla	12
6	M/19	Posttraumatic deformity	Fronto-orbital area	15
7	M/26	Posttraumatic deformity	Orbit & maxilla	6
8	M/32	Postoperative defect	Temporo-parietal skull	6
9	M/46	Post-tumor resection	Zygoma, maxilla & orbital floor	7

**Table II.** A Change of Bone Defect Area in Recipient Site and Donor Site

No.	Sex/Age (years)	Recipient site: defect area (mm <sup>2</sup> )		Donor site: defect area (mm <sup>2</sup> )	
		Immediate postop.	Follow up	Immediate postop.	Follow up
1	M/2	2809.75	4346.5	263	379
2	M/3	56	1435.75	20.25	22.5
3	F/13	97	79.5	136	27.75
4	M/16	652	612.75	1279.75	620
5	M/17	35.5	292.5	796	147.25
6	M/19	893	977.75	646.75	516.25
7	M/26	143.25	71	48.5	24.5
8	M/32	781.25	1330	99	94.25
9	M/46	48.25	107.25	684	587.5
Average		612.9	1028.1	441.5	268.8

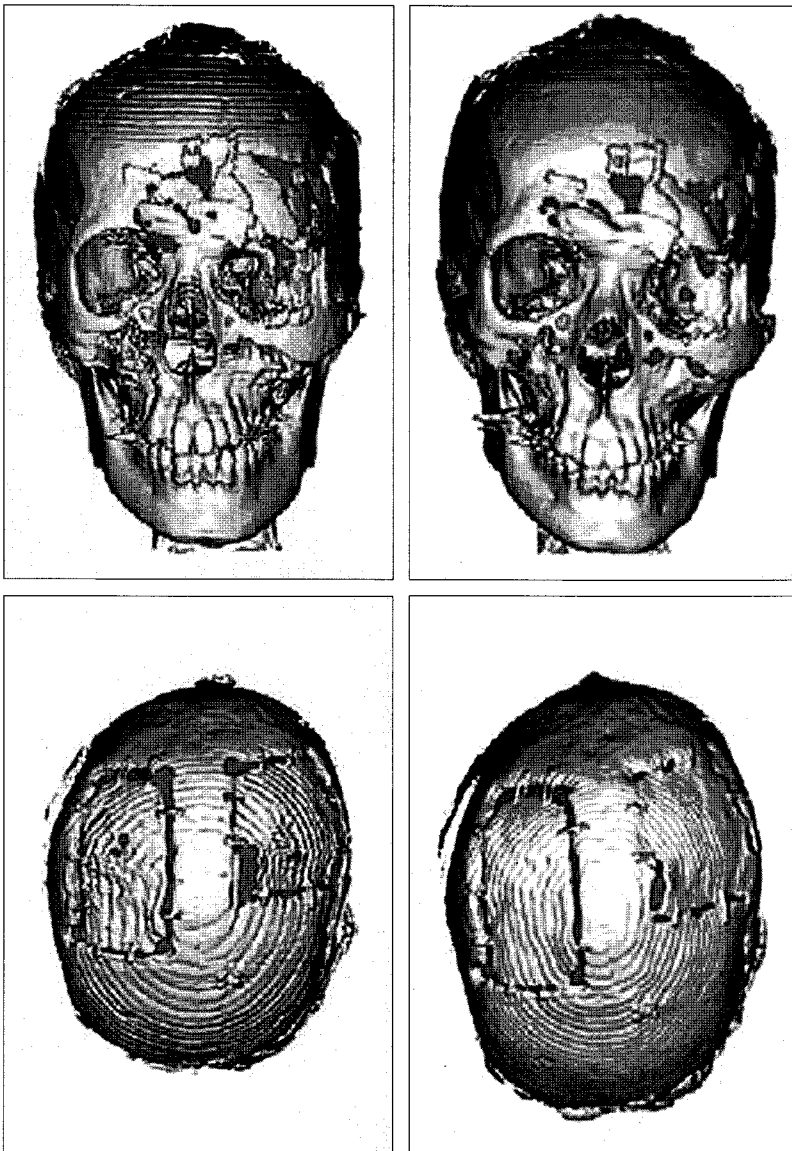


**Fig. 1.** A 3-year-old male patient with a skull defect (case 2). It shows an immediate postoperative and 15 months postoperative 3-dimensional computed tomography. The defect area was marked with red color. The immediate postoperative bone defect area of the recipient site and the donor site were 56 mm<sup>2</sup> (Above, left) and 20.25 mm<sup>2</sup> (Below, left), respectively. And 15 months later, these became 1435.75 mm<sup>2</sup> (Above, right) and 22.5 mm<sup>2</sup> (Below, right), respectively.

**Table III.** A Difference of Bone Defect Area between Recipient Site and Donor Site

No.	Sex/Age (years)	Recipient site	Donor site
		Difference of defect area (mm <sup>2</sup> )	Difference of defect area (mm <sup>2</sup> )
1	M/2	1536.75	116
2	M/3	1379.75	2.25
3	F/13	-17.5	-108.25
4	M/16	-39.25	-659.75
5	M/17	257	-648.75
6	M/19	84.75	-130.5
7	M/26	-72.25	-24
8	M/32	548.75	-4.75
9	M/46	59	-96.5

\* Paired t-test: the difference of defect area between recipient site and donor site → p=0.012



**Fig. 2.** A 16-year-old male patient with a fibrous dysplasia(case 4). It shows an immediate postoperative and 30 months postoperative 3-dimensional computed tomography. The defect area was marked with red color. The immediate postoperative bone defect area of the recipient site and the donor site were  $652 \text{ mm}^2$  (Above, left) and  $1279.75 \text{ mm}^2$  (Below, left), respectively, which became  $612.25 \text{ mm}^2$  (Above, right) and  $659.75 \text{ mm}^2$  (Below, right), respectively 30 months later.

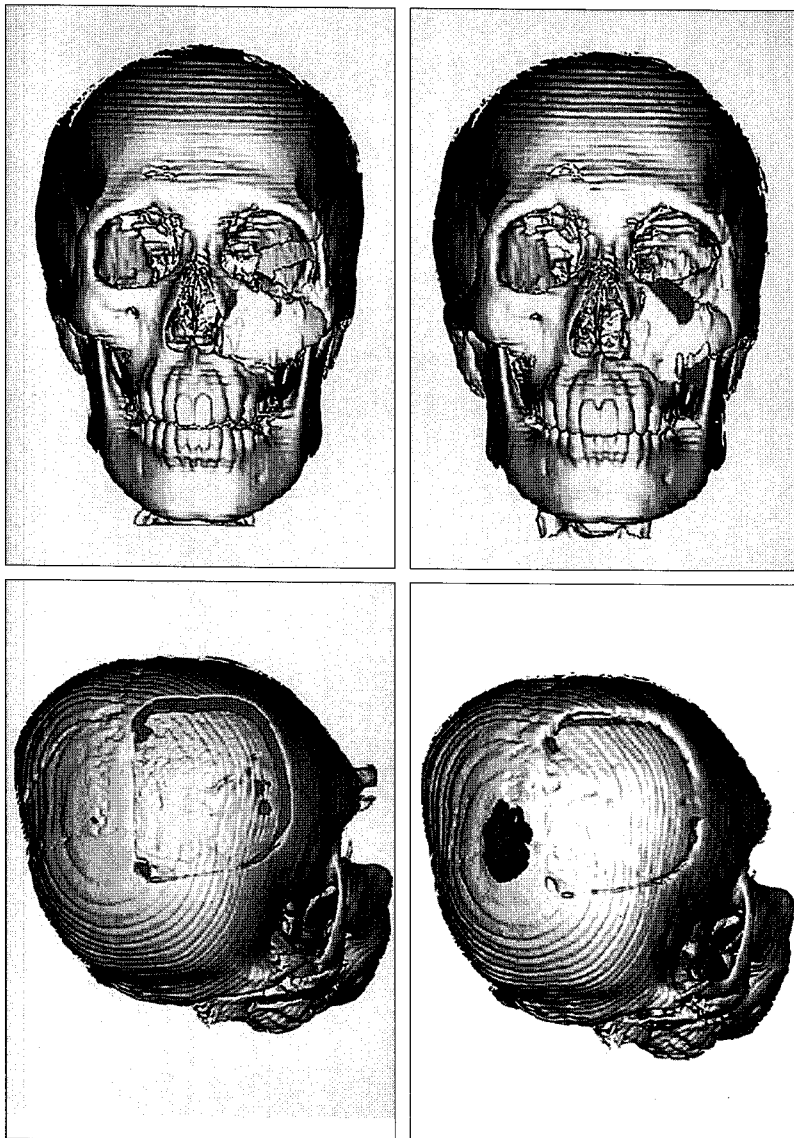
#### IV. 고 찰

머리뼈 이식수술은 1982년 Tessier<sup>3</sup>가 전층의 머리뼈를 채득한 후 내측판과 외측판으로 분리하여 이식하는 방법을 소개한 이후, 두개 안면부의 재건에 널리 사용되고 있다. 하지만 시간이 경과하면서 이식뼈의 흡수(resorption)와 재형성(remodeling)으로 인한 이식뼈의 부피와 모양의 변화를 초래하여, 기대하지 않은 결과를 가져오기도 한다. 그럼에도 지금까지 머리뼈 이식수술 후 장기적으로 뼈이식 부위의 변화에 대해 객관적으로 분석한 보고는 많지 않았다. 1989년 Powell과 Riley<sup>4</sup>는 4년 동안 170명의 환자에서 850례의 머리뼈 이식수술을 시행하였는데, 임상적인 사진과 방사선학적 검사를 통한 추적관찰 및 재수술을 시행한 환자의 경우 재수술시의 실측을 통해 이식뼈를 평가했

을 때, 약 30% 정도까지 부분적인 재흡수가 보였으나, 외적 모양의 변형이 나타난 예는 거의 없었으며, 콧등과 외후방 아래턱뼈에서 가장 많은 재흡수가 되었다고 하였다.

그 이후, 머리뼈 이식수술 후에 이식뼈의 변화에 영향을 미치는 많은 요인들에 대해 많은 연구가 진행되어, 수혜부의 혈관 분포, 환자의 연령 및 성장 정도, 이식골의 발생학적 기원, 뼈막의 유무, 이식방법, 이식뼈의 수혜부에 대한 고정 상태, 이식뼈의 크기, 이식뼈가 수혜부와 만나는 면적 등이 이식뼈의 장기적 생존에 중요한 요인으로 생각되고 있다.<sup>5</sup>

컴퓨터단층촬영을 통한 뼈이식의 평가는 그 동안 이차성 구개구순열 환자에 있어 이틀뼈 이식 후 상태의 평가에 많이 보고되었다. Van der Meij 등<sup>6</sup>은 수술 직후와 수술 후 1년째의 전산화단층촬영을 사용하여 3개의 다른 측면



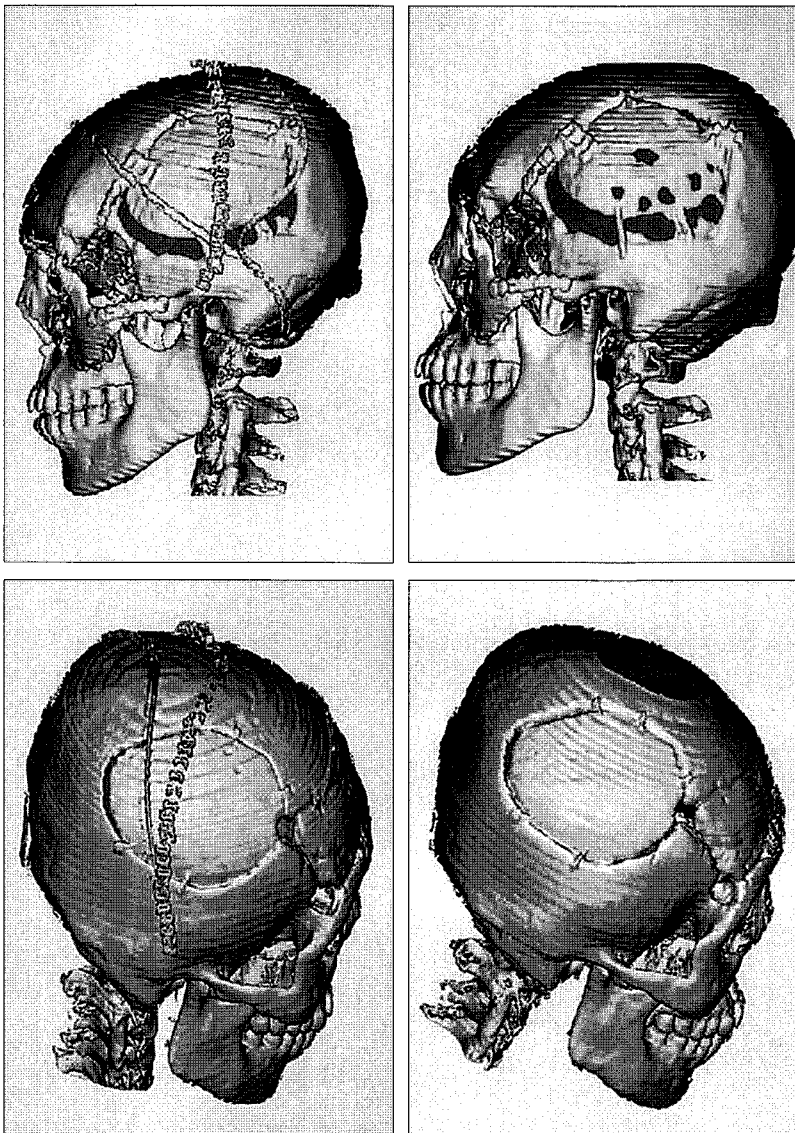
**Fig. 3.** A 17-year-old male patient with a fibrous dysplasia(case 5). It shows an immediate postoperative and 12 months postoperative 3-Dimensional computed tomography. The defect area was marked with red color. The immediate postoperative bone defect area of the recipient site and the donor site were  $35.5 \text{ mm}^2$  (Above, left) and  $796 \text{ mm}^2$  (Below, left), respectively, which became  $292.5 \text{ mm}^2$  (Above, right) and  $147.25 \text{ mm}^2$  (Below, right), respectively 12 months later.

조각(axial slice)에서 overhead projector를 통해 이식뼈의 면적 변화를 평가하였고, Tai 등<sup>7</sup>은 수술 직후와 수술 1년 후의 전산화단층촬영에서 이틀뼈 이식부의 측면 영상과 관상 영상에서의 면적변화를 추적(tracing)하여 컴퓨터 프로그램을 통해 부피를 계산한 후 뼈흡수의 정도를 평가하였으며, 최근에 Dieleman 등<sup>8</sup>은 이틀뼈 이식을 시행한 환자에서 2mm두께의 전산화단층촬영을 이용하여, 수술 직후와 수술 1년 후의 측면 영상의 추적을 통해 뼈흡수의 정도를 3차원적으로 계산하였다.

하지만 머리뼈 이식 후 컴퓨터단층촬영을 통한 이식뼈의 추적 평가는 Jackson 등<sup>9</sup>이 머리뼈로 코재건(nasal reconstruction)을 시행했던 몇몇 환자에서 자세한 측정 방법에 대한 기술 없이 시험적으로 3차원적으로 뼈이식의 부피를 측정하는 분석 프로그램으로 정확한 볼륨을 계산할 수 있

었다고 한 이외에 다른 보고는 없었다.

본 연구에서는 머리뼈 이식 후 이식뼈의 추적관찰을 위해, 비교적 간단한 영상 검사인 전산화단층촬영을 이용하였다. 두개 안면부 전반에 걸쳐 머리뼈 이식수술을 시행한 환자의 전산화단층촬영을 통해 3차원 재구성 후, 뼈이식 부위가 가장 잘 보이는 시야로 회전 이동한 후, 뼈결손 부위의 면적을 추적하여, 2차원적인 면적의 변화를 측정하였다. 2차원적인 뼈결손 면적의 변화를 측정하는 것은 실제 임상적으로 얇은 두께의 머리뼈라도 남아 있는 것이 완전한 결손으로 머리뼈가 전혀 남아 있지 않는 것에 비해 외상으로부터 뇌를 보호하는 머리뼈의 역할에 의미 있는 차이가 있으므로 실제 재수술의 필요성을 결정하는데 있어 이식된 뼈의 부피 변화의 측정보다 더 중요한 의미를 갖기 때문이다.



**Fig. 4.** A 32-year-old male patient with a skull defect(case 8). It shows an immediate postoperative and 6 months postoperative 3-dimensional computed tomography. The defect area was marked with red color. The immediate postoperative bone defect area of the recipient site and the donor site were 781.25 mm<sup>2</sup> (Above, left) and 99 mm<sup>2</sup> (Below, left), respectively, which became 1330 mm<sup>2</sup> (Above, right) and 94.25 mm<sup>2</sup> (Below, right), respectively 6 months later.

결과를 보면, 동일한 환자에서 수혜부와 공여부에 있어서 뼈결손 부위 면적의 변화 정도가 통계학적으로 유의 있는 차이가 있었다. 즉, 나이, 성별, 수술의 적응증, 추적관찰 기간 등 여러 가지 변수가 모두 다른 환자 군이지만, 6개월 이상의 추적관찰 기간 동안 최소한 같은 환자에서 각각 수혜부와 공여부에 이식한 머리뼈는 추적관찰 시 뼈결손부의 면적 변화에 차이가 있다는 것을 알 수 있었다. 이는 외측관을 재이식한 공여부에서는 원래의 혈행을 가지고 있으면서, 반흔조직이 적으며, 수혜부에 비해 주위의 뼈조직 및 경막과의 접촉이 잘 이루어지고, 보다 완고한 고정 가능성이 가능했기 때문에 머리뼈 이식 후 뼈흡수에 가장 큰 영향을 미치는 혈행정도(vascularity), 안정성(stability) 등의 차이가 있었기 때문으로 생각할 수 있겠다. 또한 통계학적 분석은 할 수 없지만, 나이를 고려해 볼 때는 유아의

경우(증례 1과 2)에 있어서는 수혜부 뿐만 아니라 공여부의 뼈결손 면적도 추적관찰 기간에 증가하였음을 알 수 있다. 이는 유아의 경우, 전층의 머리뼈의 두께가 얇아 내측판과 외측판으로 분리하였을 때 너무 얇은 두께의 뼈이식을 시행했기 때문으로 생각할 수 있겠다.

이 밖에도 여러 가지 요인 별로 분석해 볼 수도 있겠지만, 본 연구는 증례의 수가 적고, 성장이 계속되는 유아부터 성장이 모두 끝난 성인까지 환자군의 나이도 다양하며, 뼈이식의 적응증도 다르고, 각각의 환자마다 뼈이식 후 추적관찰 기간의 차이가 있으며, 뼈이식의 부위와 크기, 뼈결손부의 모양, 이식뼈의 접촉면의 정도 등 뼈결손부의 면적 변화에 미치는 여러 가지 요인을 감안할 때, 이러한 변수들 중에서 뼈결손부의 면적 변화에 가장 큰 영향을 미치는 변수가 무엇인지 판단하는 것은 무리가 있다. 따라서

향후 이런 부분에 대해서는 더 많은 환자를 대상으로 연구가 진행되어야 할 것이며, 또한 보다 장기적인 추적관찰이 필요할 것이다.

본 연구는 앞서 서술한 것처럼, 머리뼈 결손 부위의 면적의 변화를 측정하였으므로, 이식한 뼈의 흡수나 주위로 부위의 뼈성장 등에 의해 이식뼈의 면적이나 두께 변화가 상당량 있을 수 있어 뼈결손 면적의 변화로 나타날 수 있으며, 종양 제거 후 재건한 경우에는 불완전 절제된 주위 종양의 성장으로도 뼈결손 부위가 감소되어 보일 수 있다. 따라서 저자들이 측정한 뼈결손 부위의 면적은 이식뼈의 뼈흡수 정도와는 의미가 다르다. 머리뼈 이식 후 뼈흡수의 정도를 정확히 측정하기 위해서는, 우선 복잡한 해부학적 구조를 갖는 두개 안면부에 대해서도 측면 단층 영상의 추적을 통해 3차원적인 부피를 측정할 수 있는 프로그램의 개발과 더불어, 전산화단층촬영 영상에서 이식뼈를 주위로부터 구분할 수 있는 표지자(maker)를 개발함으로써, 실제로 이식한 뼈의 상태 변화에 대한 정량적인 분석이 가능하리라 생각된다.

## V. 결 론

두개 안면부에 머리뼈 이식수술을 시행한 환자에서 3차원 전산화단층촬영을 통해 이식 부위의 뼈결손 면적을 객관적으로 측정할 수 있었으며, 동일한 환자에서 각각의 추적관찰 기간까지 공여부의 뼈결손 면적의 변화와 수혜부의 뼈결손 면적의 변화는 통계학적으로 유의한 차이가 있었다.

## REFERENCES

1. Powell NB, Riley RW: Cranial bone grafting in facial aesthetic and reconstructive contouring. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg* 113: 713, 1987
2. Moreira-Gonzalez A, Jackson IT, Miyawaki T, Barakat K, DiNick V: Clinical outcome in cranioplasty: critical review in long-term follow-up. *J Craniofac Surg* 14: 144, 2003
3. Tessier P: Autogenous bone grafts taken from the calvarium for facial and cranial applications. *Clin Plast Surg* 9: 531, 1982
4. Powell NB, Riley RW: Facial contouring with outer-table calvarial bone. A 4-year experience. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg* 115: 1454, 1989
5. Gosain AK, Song L, Santoro TD, Amarante MT, Simmons DJ: Long-term remodeling of vascularized and nonvascularized onlay bone grafts: a macroscopic and microscopic analysis. *Plast Reconstr Surg* 103: 1443, 1999
6. Van der Meij AJW, Baart JA, Prahl-Andersen B, Valk J, Kostense PJ, Tuinzing DB: Computed tomography in evaluation of early secondary bone grafting. *Int J Oral Maxillofac Surg* 23: 132, 1994
7. Tai CC, Sutherland IS, McFadden L: Prospective analysis of secondary alveolar bone grafting using computed tomography. *J Oral Maxillofac Surg* 58: 1241, 2000
8. Dieleman FJ, Tump P, Baart JA, Tuinzing DB, Bezemer PD: A computed tomographic evaluation of change in bone volume after secondary bone grafting over the first postoperative year. *Plast Reconstr Surg* 114: 738, 2004
9. Jackson IT, Choi HY, Clay R, Bevilacqua R, TerKonda S, Celik M, Smith AW: Long-term follow-up of cranial bone graft in dorsal nasal augmentation. *Plast Reconstr Surg* 102: 1869, 1998