

## 두개골 조기유합증 환자의 술후 CT Scan을 이용한 두개강내 용적의 평가

김석권 · 이장호 · 한재정 · 정기환 · 이근철 · 박정민

동아대학교 의과대학 성형외과학교실

### An Evaluation by CT scanning of Intracranial Volume after Correction of Craniosynostosis

Seok Kwun Kim, M.D., Jang Ho Lee, M.D.,  
Jae Jung Han, M.D., Ki Hwan Jung, M.D.,  
Keun Cheol Lee, M.D., Jung Min Park, M.D.

Departments of Plastic & Reconstructive Surgery, College of  
Medicine, Dong-A University, Busan, Korea

Craniosynostosis is the premature fusion of one or more sutures of either cranial vault or base. Fused sutures may impede normal growth of the calvaria, leading to characteristic skull deformities; Morphological craniosynostosis is classified descriptively. Being craniosynostosis uncorrected the deformity progresses continuously and causes an increase of intracranial pressure. The surgical involvement aims at the expansion of intracranial space as well as satisfactory achievement of craniofacial shape. Early surgical correction in infancy prevents the deformity from the further progression and possible associated complication of high intracranial pressure. A long period of follow-up is essential to assess the outcome of an effectiveness of the surgery. measurement of intracranial volume has been concerned in medical personnel and anthropologists for many years. A reliable and accurate measurements of the intracranial volume facilitates to make a diagnosis and treatment of craniosynostosis. Pre-and postoperative change of intracranial volume was evaluated with 3D CT scanning in 12 cases of craniosynostosis who underwent frontal advancement and total cranial vault remodeling. Increased intracranial volume is attributed to surgical release of craniosynostosis and natural growth.

Received June 22, 2004

Revised September 9, 2004

**Address Correspondence:** Seok Kwun Kim, M.D. Department of Plastic & Reconstructive Surgery, College of Medicine, Dong-A University, #1, 3ga, Dongdaesin-dong, Seo-gu, Busan 602-715, Korea. Tel: 051) 240-5411 / Fax: 051) 248-1527 / E-mail: sgkim1@daunet.donga.ac.kr

\* 이 논문은 2004년 제 56차 대한성형외과학회 추계학술대회에서 구연 발표되었음.

We conceive that the intracranial volume is significantly increased after surgical correction of fused cranial sutures and along with natural growing. A procedure of frontal advancement and total cranial vault remodeling is very useful to correct such a deformity as craniosynostosis. And also 2 cases out of five mentally retarded patients improved remarkably and Forehead retrusion or temporal depression followed in another two cases.

**Key Words:** Craniosynostosis, Intracranial volume, 3D CT scan

### I. 서 론

두개골 조기유합증은 하나 혹은 그 이상의 봉합선이 조기에 유합됨으로써 두개골과 두개저 및 안면부까지 변형을 초래하는 선천성 기형으로 발육부전, 시각장애, 운동장애, 발작뿐만 아니라 지능저하 등의 신경 장애를 나타내기도 한다.<sup>1</sup> 또한 유합된 봉합선에 따라 각기 특징적인 기형을 나타내며, 이러한 환자들의 치료에 있어서 무엇보다도 조기 진단과 수술적 치료가 중요하다. 대개 6개월 또는 늦어도 1년 이내에 수술을 시행하는 것이 뇌기능의 장애를 예방할 수 있다고 알려져 있는데, 두개골 조기유합증 환자들에게 조기에 수술적 치료가 필요한 이유로는 생후 1년 동안 뇌의 용적이 3배로 성장하여 조기에도 뇌압이 상승하게 되어 문제가 발생할 수 있고, 1년 이내에는 술후 재골화(re-ossification)가 보다 잘되어 합병증이 적으며, 수술 지연에 따른 점차적인 변형을 최소화할 수 있고 두개골의 유연성이 유지되어 쉽게 교정할 수 있기 때문이다.<sup>2,4</sup> 수술적 치료의 목표는 상승된 뇌압을 감소시키는 것과 만족스러운 형태의 두개골을 만드는 것으로 과거 여러 연구자들에 의해 다양한 수술 방법들이 소개되어 왔다.

두개골 조기유합증 환자들에 있어서 두개강내 용적은 치료 결과를 확인할 수 있는 간접적인 방법으로 그 필요성이 대두되었으며, 근래의 대표적인 두개골 조기유합증 환자의 추적관찰에 대한 연구로는 Posnick 등<sup>5</sup>의 CT scan을 이용한 간접적인 두개강내 용적 측정에 대한 연구가 있었고, 국내에서는 최용준 등<sup>6</sup>에 의한 두개강 용적의 경과 관

찰 연구가 있었으며, 이외에도 국내외에서 다양한 연구가 있었다.

이에 저자들은 수술을 시행한 두개골 조기유합증 환자들을 대상으로 수술 후 성장이 정상적으로 이루어지는지 관찰하기 위하여, 장기간 두개강내 용적을 측정하였으며 수술 후 성장양상을 확인하고자 하였다.

## II. 재료 및 방법

본원에서는 1992년 5월부터 2003년 12월까지 동일 시술자에 의해 두개골 조기유합증 치료를 받은 12명의 환자를 대상으로 두개강내 용적 변화에 대해 연구하였다. 이들 중 단두가 6명, 단두와 삼각두가 혼합된 환자가 2명, 주상두 환자가 2명, 사두 환자가 2명이었으며, 두개골 조기유합 증후군인 환자가 4명이었다. 이 중 3D CT의 지속적인 촬영이 가능했던 11명을 평가하였고, 추적관찰 기간은 1-5

년이었다. 동반된 기형으로는 구개열, 항문열, 이개 기형, 안검하수, 심장 기형, 기관-식도 누공, 소하악증, 다지증 등이 있었다.

수술 방법으로는 전두골 전진술 및 두개관 개조술을 시행하였고, 큰 두개골 결손이 있을 경우 Medpor®를 이용하여 교정하였다.

두개강내 용적 측정을 위해 3D CT scan을 이용하여 간접적으로 측정하였다. 용적의 측정 방법은 다음과 같다. 우선 뇌 단층촬영시 후두대공(foramen magnum)을 포함하여 두정부(vertex)까지 3 mm 간격으로 scan한 후, 각 단면의 컴퓨터 화면상에서 표식자를 이용하여 경계면을 그린다. 각 단면에서 두개골과 연조직의 면적을 제외한 두개강 면적을 측정한 후, 3 mm 두께에 해당하는 용적을 산출한다. 각각의 층마다 측정된 수치를 합산하여 최종적으로 두개강내 용적을 산출한다(Fig. 1). 이러한 방법으로 산출된 환자들의 수치를 Blinkov 등<sup>7</sup>이 사체 해부를 통해 발표

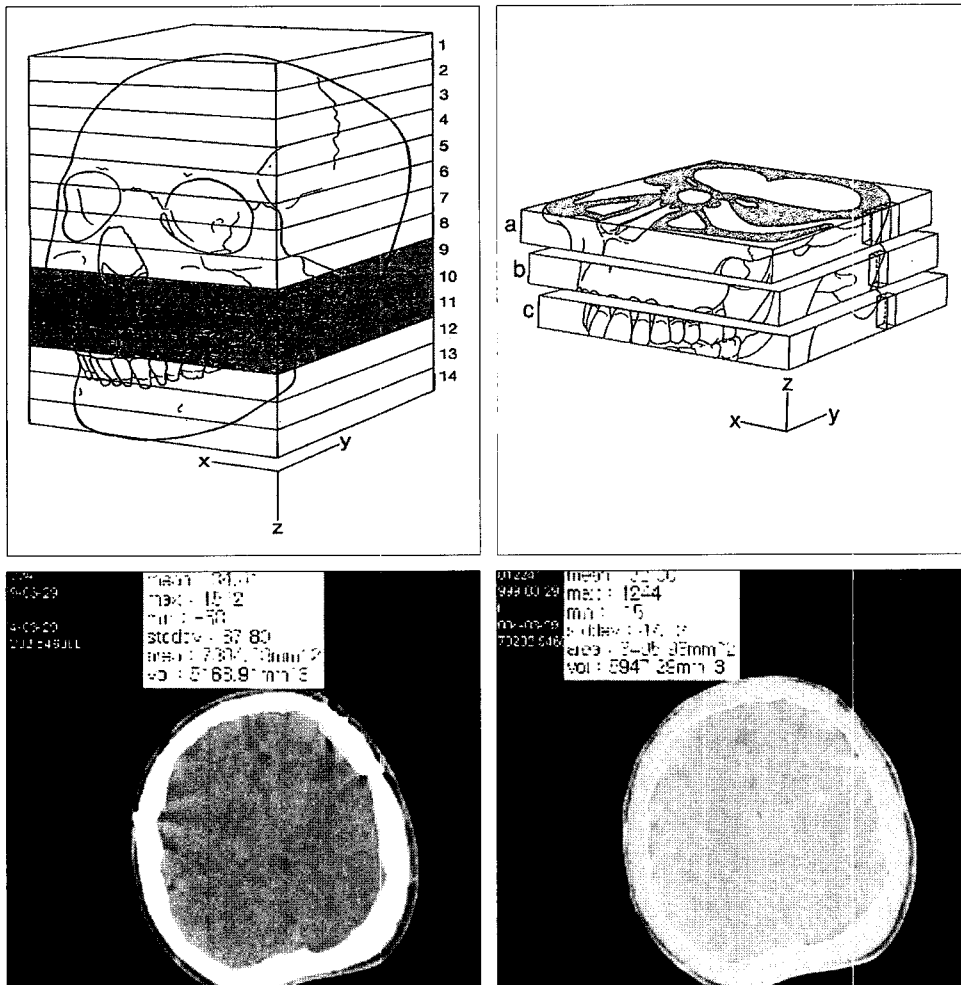


Fig. 1. Indirect measurement of intracranial volume by using 3D CT scan. (Above) Schematic illustration of assembly of abutting slices. (Below) Slices image of 3D CT.

**Table 1.** Normal Cranial Growth during the First 20 Years of Life

Age	Cranial capacity (cm <sup>3</sup> )
Newborn	350
3 months	600
6 months	775
9 months	925
1 year	1000
2 years	1100
3 years	1225
4 years	1300
6 years	1350
9 years	1400
12 years	1450
20 years	1500

Blinkov et al. (1968)

하였던 정상 두개강내 용적(Table I)과 비교하여 그 변화의 양상을 평가하였으며, 이와 함께 지능 저하와 재발의 양상에 대해서도 조사하였다. 지능의 평가에서는 유아의 지능 평가를 객관적으로 나타낼 수 있는 방법이 현재까지는 확립되어 있지 않았기 때문에 수술 전후에 소아과 의사 및 환자 보호자들의 주관적 평가를 종합하여 조사하였다.

### III. 결 과

먼저 각각의 환자에서 수술 후 3개월 이내에 촬영한 3D CT scan을 바탕으로 조기 두개강내 용적 증가를 측정한

결과, 전반적으로 술후 용적의 증가를 보였으며, 적게는 70에서 많게는 141 cm<sup>3</sup>까지 증가되었고, 평균 104.6 cm<sup>3</sup>의 증가되었다(Fig. 2).

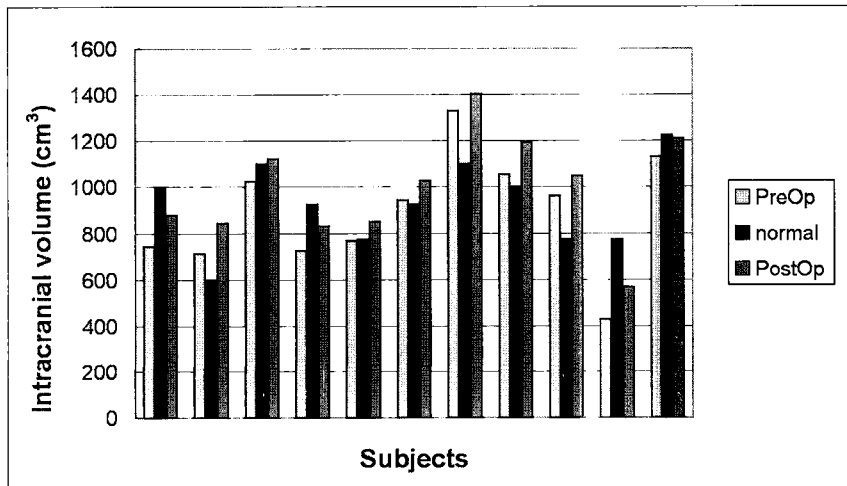
대표적인 두개골 조기유합증 환자들의 나이에 따른 두개강내 용적 증가 양상을 정상과 비교하였는데, 단두와 사두, 주상두 및 단두와 삼각두가 혼합된 환자 등에서 나이가 증가함에 따라 정상에 근접해 가는 성장 양상을 보였고(Fig. 3), 전체 환자들에 있어서도 전반적으로 정상과 유사한 경과를 보였다(Fig. 4).

술 지능의 변화에 대한 평가에서는 지능 저하가 있었던 5명의 환자 중 향상된 결과를 보인 환자가 2명이었으며, 원래 정상이었던 7명의 환자와 지능 저하가 있었던 환자 3명에서는 특별한 변화가 없었다. 술후 재발에 관한 조사에서는 2명의 환자에서 전두골의 후방진위와 측두부 함몰이 각각 나타나 추가적인 수술을 시행하여 교정하였고, 대부분의 환자에서는 만족할만한 결과가 나타났다(Fig. 5, 6, 7).

### IV. 고 찰

두개골 조기유합증은 하나 혹은 그 이상의 봉합선이 조기에 유합됨으로써 두개골과 두개저 및 안면부까지 변형을 초래하는 선천성 기형으로 발육부전, 시각장애, 운동장애, 발작뿐만 아니라 지능저하 등의 신경장애를 나타내기도 한다.<sup>1</sup>

이러한 환자들의 치료에 있어서 무엇보다도 조기 진단과 수술적 치료가 중요하며, 대개 보호자의 자세한 관찰로써 생후 2-3개월이면 진단이 가능하다. 전산화단층촬영은 현재 두개골 조기유합증 진단에 있어 가장 명확한 기준이 되고 있으며 2차원 및 3차원 영상으로 정확한 진단을 가능하고, 수술 전-후 평가에 있어서도 유용하게 사용된



**Fig. 2.** Early increase of intracranial volume in 3D CT at postoperative 3 months. (mean of increase: 104.6 cm<sup>3</sup>)

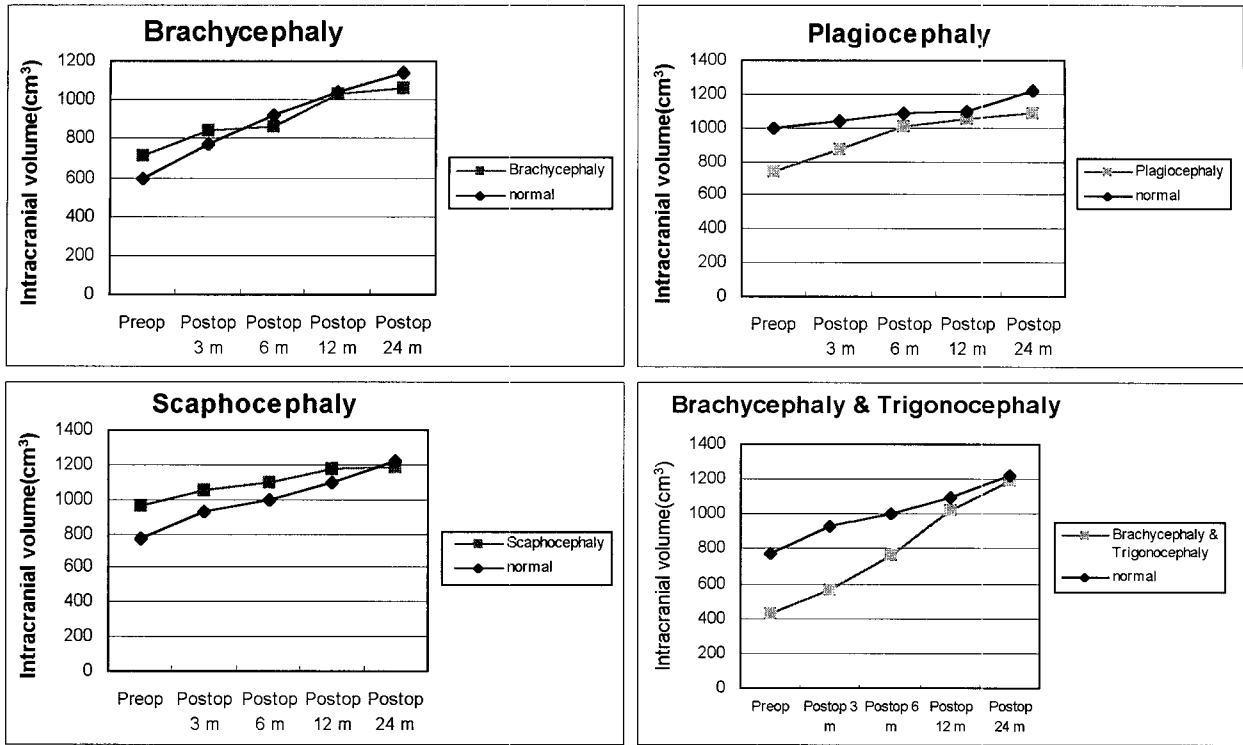


Fig. 3. Increase of intracranial volume in normal and patients with aging.

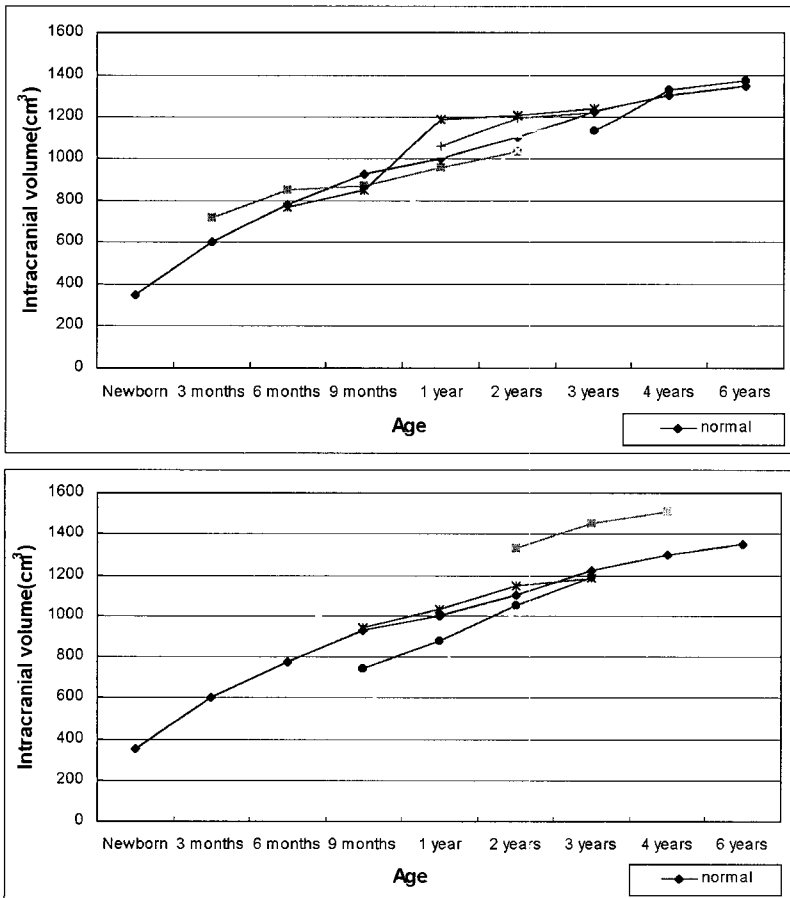
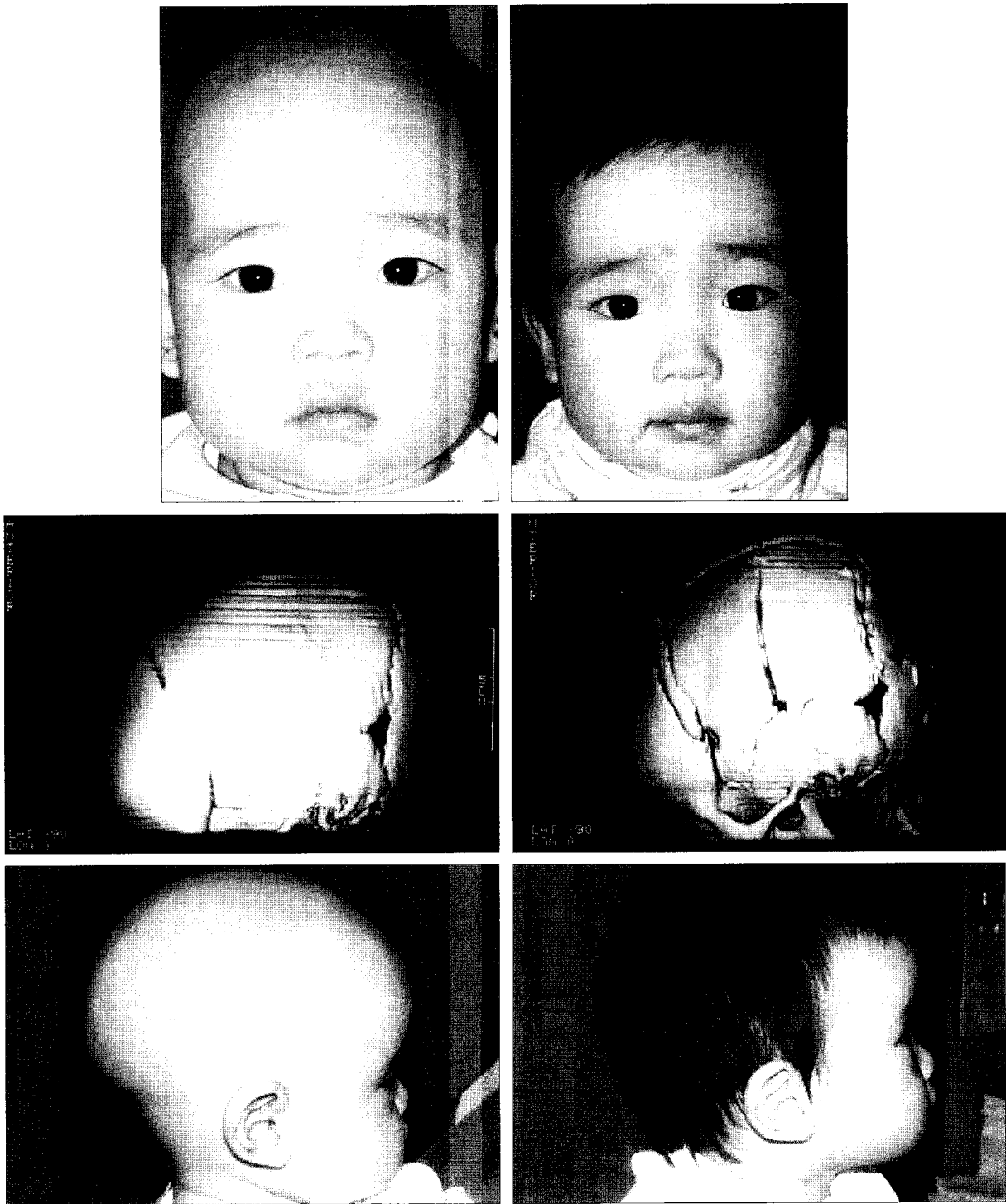


Fig. 4. Similar increase of intracranial volume between normal and patients. (Above) 6 brachycephaly cases of craniosynostosis. (Below) Other 5 cases of craniosynostosis.



**Fig. 5.** A 5-month-old male infant with scaphocephaly. (Above left) Preoperative frontal view of skull. (Above, right) Early postoperative frontal view of skull. (Center, left) Preoperative 3D CT image. (Center, right) Postoperative 3D CT image. (Below, left) Preoperative lateral view of skull. (Below, right) Early postoperative lateral view of skull.

다 자기공명영상은 봉합선의 상태보다는 뇌실질의 변화를 확인하는데 더 큰 의미가 있다.

수술적 치료시기는 대개 6개월 또는 1년 이내에 수술을

시행하는 것이 뇌기능의 장애를 예방할 수 있다고 알려져 있는데, 두개골 조기유합증 환자들에게 조기에 수술적 치료가 필요한 이유로는 생후 1년 동안 대부분의 뇌가 성장



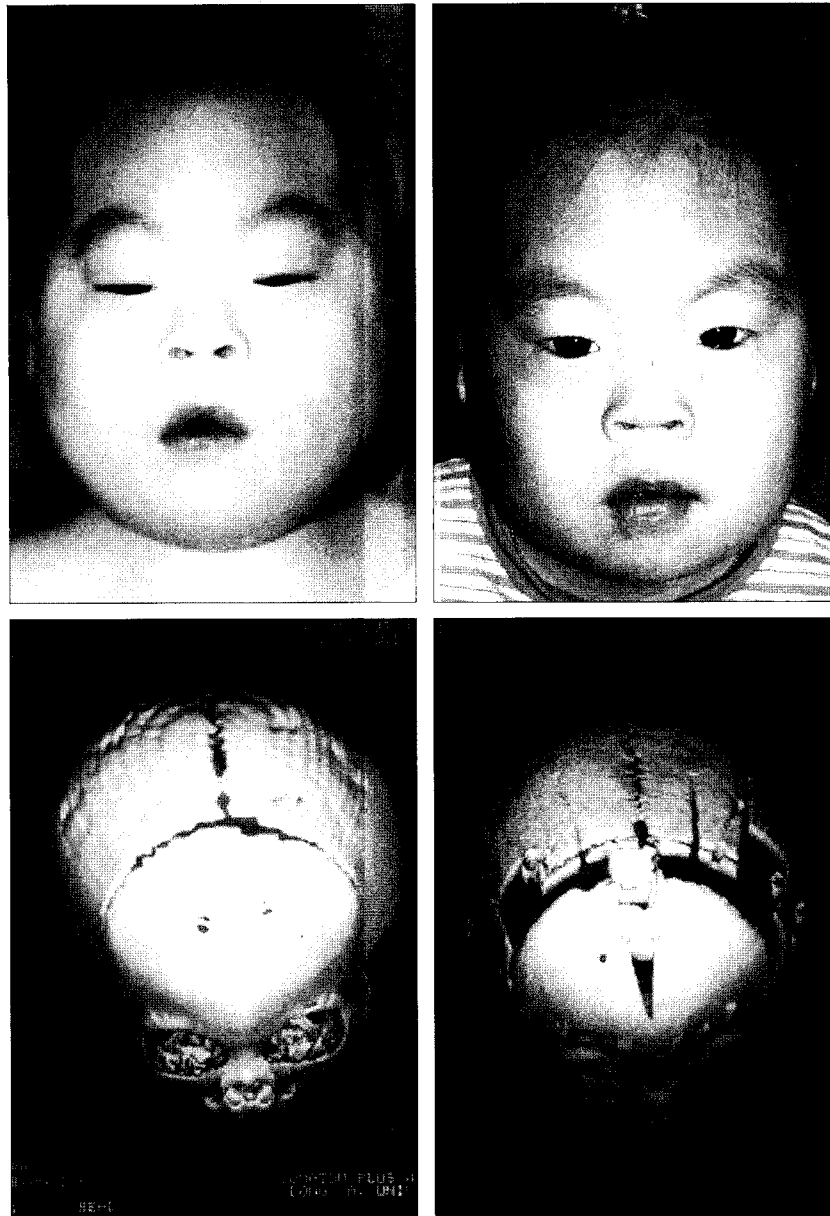
**Fig. 6.** A 16-month-old male baby with brachycephaly and large skull defect of parietal bone. Large skull defect was covered with Medpor<sup>®</sup>. (Above, left) Preoperative frontal view of skull. (Above, right) Preoperative lateral view of skull. (Below, left) Postoperative frontal view of skull after 5 years. (Below, right) Postoperative lateral view of skull after 5 years.

하여 조기에도 뇌압이 상승하게 되어 문제가 발생할 수 있고, 1년 이내에는 술후 재골화(re-ossification)가 보다 잘되어 합병증이 적으며, 수술 지연에 따른 점차적인 변형을 최소화할 수 있고 두개골의 유연성이 유지되어 쉽게 교정할 수 있기 때문이다.<sup>24</sup>

두개골 조기유합증의 기능적인 측면에서 두개강내압 증가, 뇌수종, 지능 저하, 시각 이상 등을 유발하여 심각한 장애를 초래할 수 있다.<sup>8</sup> Renier 등<sup>9</sup>은 두개골 조기유합증 환자의 경막의 압력 측정기를 통한 두개강내압을 측정하

결과 하나의 봉합선이 유착된 경우 13%, 여러 개의 봉합선이 유착된 경우 42%의 환자에서 두개강내압이 상승하였다고 보고하였고, 임상적으로 의미 있는 두개강내압의 증가는 15 mmHg를 초과할 때라고 하였다. 지능 저하와 두개강내압과의 직접적인 연관성은 없으며, 사두의 경우에는 다른 두개골 조기유합증에 비해 두개강내압의 상승이나 뇌수종과 같은 기능적 장애의 발생률이 낮은 편이다.<sup>10</sup>

실제 두개골 조기유합증 환자를 평가하는데 있어 두개강내압은 진단에 필수적인 요건이 되지 못하고, 정확한



**Fig. 7.** A 14-month-old female baby with brachycephaly and trigonocephaly. (Above, left) Preoperative frontal view of skull. (Above, right) Postoperative frontal view of skull after 5 years. (Below, left) Preoperative 3D CT scan image. (Below, right) Postoperative 3D CT scan image.

측정을 위해서는 두개 절골술 등의 침습성 술기가 필요하므로 한계가 있다. 그리하여 비침습성이며, 간접적인 방법으로 두개강내 용적 조사에 대한 필요성이 대두되었다. 환자들의 두개강내 용적은 진단과 치료 결과를 확인 할 수 있는 간접적인 방법으로서 고위험군의 두개골 조기유합증 환자를 진단하거나, 수술 후 효과를 평가하는데 큰 도움이 된다.<sup>11-14</sup> 근래의 대표적인 두개골 조기유합증 환자의 추적 관찰에 대한 연구로는 Posnick 등<sup>5</sup>의 CT scan을 이용한 간접적인 두개강내 용적 측정에 대한 연구가 있었고, 국내에서는 최용준 등<sup>6</sup>에 의한 두개강 용적의 경

과 관찰 연구가 있었으며, 이외에도 국내외에서 다양한 연구가 있었다.

이에 저자들은 수술을 시행한 두개골 조기유합증 환자들을 대상으로 장기간 두개강내 용적을 측정하며 술 후 성장양상을 알아보려고 하였다. 2D 혹은 3D CT를 이용하여 간접적으로 용적을 측정할 경우, 해당 부위를 scan하는 간격의 폭에 따라, 측정되는 수치가 달라질 수 있는데, 간격이 좁을수록 더욱 정확한 측정 결과를 얻을 수 있다. 즉, 이론적으로 1 mm 간격으로 촬영할 경우 5 mm 간격으로 촬영한 것 보다 정확하게 용적을 구할 수 있다는 것이다.

하지만 1 mm 간격으로 CT를 촬영하기에는 현실적으로 많은 제약이 따르며, 4-5 mm 정도의 간격으로 CT를 촬영하여도 임상적으로는 전혀 문제가 되지 않는다. Gault 등<sup>12</sup>은 10개의 건조 두개골을 5 mm 간격으로 촬영한 후 두개강내 용적을 산출하여 실제 수치와 비교하였더니, 산출된 용적의 범위가 실측치의 98.14%에서 102.6% 정도로 거의 유사하게 나타났으며, 평균 오차 범위 또한 1.13%로 정확하였다고 하였다.

각 환자에서 수술 후 3개월 이내에 촬영한 3D CT scan을 바탕으로 조기 두개강내 용적 증가를 측정된 결과, 전반적으로 술 후 용적의 증가를 보였으며, 적게는 70에서 많게는 141 cm<sup>3</sup>까지 증가되었고, 평균 104.6 cm<sup>3</sup>의 증가되었다. 대표적인 두개골 조기유합증 환자들의 나이에 따른 두개강내 용적 증가 양상을 정상과 비교하였을 때, 단두와 사두, 주상두 및 단두와 삼각두가 혼합된 환자 등에서 나이가 증가함에 따라 정상에 근접해 가는 성장 양상을 보였고, 전체 환자들에 있어서도 전반적으로 정상과 유사한 경과를 보였다. 현재까지 국내에서 정상 두개골 성장 양상을 사체해부를 통해 체계적으로 조사한 자료가 없으며, CT scan을 통해 측정된 자료 또한 미비하여, 불가피하게 Blinkov의 자료를 사용하였기 때문에, 정확한 비교를 하기에는 다소 한계가 있지만, 전반적인 성장 양상을 확인하는 것에는 무리가 없다고 사료되었다.

술후 지능의 변화에 대한 평가에서는 지능 저하가 있었던 5명의 환자 중 향상된 결과를 보인 환자가 2명이었으며, 원래 정상이었던 7명의 환자와 지능 저하가 있었던 환자 3명에서는 특별한 변화가 없었다. 대부분 두개골 조기유합증후군 환자들에서 지능 저하가 나타났으며, 2명에서 어느 정도 향상을 나타내는 결과가 나타났지만, 소아과 의사와 환자 보호자의 주관적 평가에 의존하였으며 평가를 명확하게 객관화시키기에는 다소 한계가 있었다.

## V. 결 론

두개골 조기유합증 환자들을 대상으로 장기간 두개강내 용적을 측정하며 성장 양상을 평가한 결과, 술후 나이가

들에 따라 두개강내 용적이 비교적 정상인의 용적 발달과 유사하게 적절히 증가하는 것을 확인할 수 있었다.

## REFERENCES

1. Marchac D, Reiner D: Treatment of craniosynostosis in infancy. *Clin Plast Surg* 14: 61, 1987
2. Marchac D, Reiner D, Broumand: Timing of treatment for craniosynostosis and faciocraniosynostosis. *Br J Plast Surg* 47: 211, 1994
3. McCarthy JG, Cocco PJ, Epstein FJ, Converse JM: Early skeletal release in infant with craniofacial dysostosis. *Plast Reconstr Surg* 62: 335, 1978
4. Panchal J, Uttchin V: Management of craniosynostosis. *Plast Reconstr Surg* 111: 2032, 2003
5. Posnick JC, Bite U, Nakano P, Davis J, Armstrong D: Indirect intracranial volume measurements using CT scans: clinical applications for craniosynostosis. *Plast Reconstr Surg* 89: 34, 1992
6. Choi YJ, Lee KH: Follow up evaluation of intracranial volume in craniosynostosis. *J Korean Soc Plast Reconstr Surg* 22: 252, 1995
7. Blinkov SM, Glezer II, Haigh, B: *The human brain in figures and table: A Quantitative handbook*. New York: Basic Books, 1968. Biologic tables 1941
8. McCarthy JG, Epstein FJ, Donald WS: Craniosynostosis. In McCarthy JG(ed): *Plastic Surgery*. 1st ed, Philadelphia, W.B. Saunders Co., 1990 p 3013.
9. Reiner D, Sainte-Rose C, Marchac D, Hirsch JF: Intracranial pressure in craniosynostosis. *J Neurosurg* 57: 370, 1982
10. Park CG, Lee HT: Total craniofacial correction of plagiocephaly using intracranial remodeling including occipital area. *J Korean Soc Plast Reconstr Surg* 28: 408, 2001
11. Dufresne CR, McCarthy JG, Cutting CB, Epstein FJ, Hoffman WY: Volumetric quantification of intracranial and ventricular volume following cranial vault remodeling: A preliminary report. *Plast Reconstr Surg* 79: 24, 1987
12. Gault D, Brunelle F, Renier D, Marchac D: The calculation of intracranial volume using CT scans. *Childs Nerv Syst* 4: 271, 1988
13. Gault D, Renier D, Marchac D, Ackland FM, Jones BM: Intracranial volume in children with craniosynostosis. *J Craniofac Surg* 1: 1, 1990
14. Gault D, Renier D, Marchac D, Jones BM: Intracranial pressure and intracranial volume in children with craniosynostosis. *Plast Reconstr Surg* 90: 377, 1992