

두개골 성형술에서 석고와 신속조형모델을 이용한 간단한 Methylmethacrylate 삽입물 제작법

박기린 · 김용하 · 김태곤 · 이준호 · 하주호

영남대학교 의과대학 성형외과학교실

Easy Molding Technique of Methylmethacrylate Implant Using Plaster and Rapid Prototyping Model in Cranioplasty

Ki Rin Park, Yong-Ha Kim, Tae Gon Kim, Jun Ho Lee, Ju Ho Ha

Department of Plastic and Reconstructive Surgery, Yeungnam University College of Medicine, Daegu, Korea

Purpose: Methylmethacrylate is the most commonly used alloplastic material in cranioplasty. However during the polymerization of methylmethacrylate, a significant exothermic reaction takes place. This reaction may result in thermal injury to the brain tissue and other soft tissues. Also it is difficult to make three-dimensional methylmethacrylate implant that is perfectly matched to the defect during the operation time. We report on the molding technique of methylmethacrylate implant using plaster mold and the rapid prototyping model in cranioplasty.

Methods: A 44-year-old male was referred to the department for severe frontal hollowness. He was involved in an automobile accident resulting in large frontal bone defect with irregular margin. The preformed patient-specific methylmethacrylate implant was made using plaster mold and the rapid prototyping model before the operative day. The methylmethacrylate implant was placed in the frontal defect and rigidly fixed with miniplates and screws on the operative day.

Results: The operation was performed in an hour. In the 6 months follow-up period, there were no complications. Patient was satisfied with the results of cranioplasty.

Conclusion: Safe cranioplasty was performed with the preformed patient-specific methylmethacrylate implant using plaster mold and the rapid prototyping model. The result of this method was satisfactory, aesthetically and functionally.

Keywords: Methylmethacrylate, Cranioplasty

서 론

두개골 성형술은 결손된 두개골의 재건을 통해서 자연스런 외형을 복원시켜 줄 뿐만 아니라 뇌를 보호하고 두통이나 간질, 발작 등을 치료 및 예방하는 역할을 한다.¹

두개골 성형술 시 이상적인 물질로 가장 흔히 이용하는 것은 자가골이다.² 하지만 자가골의 이용이 여의치 못한 경우 인공물질이 사용된다. 그 중 methylmethacrylate (MMA)는 값이 싸고, 원하는 모양으로 쉽게 만들 수 있다는 장점을 바탕으로 인공물질을 이용한 두개골 성형술 시 가장 흔히 사용되고 있다.³ 하지만 MMA를 이용한 두개골 성형술은 중합열에 의한 뇌손상의 위험성이 있으며,⁴ 한정된 수술시간 내에 결손 부위에 정확히 맞는 삽입물을 제작하기 어렵다는 한계점을 갖고 있다.⁵

저자들은 두개골 성형술 시 술전에 석고와 신속조형모

Correspondence: Yong-Ha Kim
Department of Plastic and Reconstructive Surgery, Yeungnam University Hospital, Yeungnam University College of Medicine, 170 Hyeonchung-ro, Nam-gu, Daegu 705-717, Korea
Tel: +82-53-620-3481 / Fax: +82-53-626-0705 / E-mail: yhkim@med.yu.ac.kr

Received September 14, 2012 / Revised September 21, 2012

Accepted September 26, 2012

델(rapid prototyping model)을 이용하여 간단한 방법으로 결손 부위에 꼭 맞는 MMA 삽입물을 제작하여 보았다.

신고안

1. 수술 전 모의수술을 통한 삽입물 제작

- 1) 두개골 골편제거술 후 촬영한 환자의 안면 computed tomography (CT)영상을 digital imaging and communication in medicine (DICOM) 파일형태로 변환한다.
- 2) DICOM 파일과 신속조형기술(rapid prototyping technique)을 통해 두개골 모형을 제작한다(Fig. 1. Above, left).
- 3) 두개골 모형의 복잡하고 불규칙한 결손 부위 경계를 단순하게 다듬는다.
- 4) 지점토를 이용하여 두개골 모형의 전두부 결손을 자연스러운 외형으로 복원한다(Fig. 1. Above, center).

- 5) 음각의 전두부 주형은 두개골 모형의 전두부에 석고를 부어서 제작한다(Fig. 1. Above, right).
- 6) 반고형 상태의 MMA를 비닐 가방에 부은 다음, MMA 삽입물이 굳을 때까지 전두부 주형에 부드럽게 압착한다(Fig. 1. Below, left).
- 7) MMA 삽입물을 두개골 모형의 결손 부위에 맞도록 다듬어서 완성한다(Fig. 1. Below, right).
- 8) 완성된 MMA 삽입물은 ethylene oxide 가스를 이용하여 소독 후 보관한다.

2. 증례

44세 남자 환자가 전두부에 심한 함몰을 주소로 내원하였다(Fig. 2). 안면 CT상 전두골에 15 × 10 cm 크기의 결손 부위가 확인되었다. 환자는 내원 6개월 전, 교통사고로 인한 두개 내 출혈, 좌측 전두골의 개방성 골절 및 좌측 안와 골 하벽 파열이 발생하였다. 수상 당시 두개 내압의 증가 및



Fig. 1. (Above, left) Rapid prototyping model. (Above, center) Correction of frontal defect with clay. (Above, right) Plaster mold of frontal area. (Below, left) Methylmethacrylate (MMA) casting was molded according to the plaster mold. (Below, right) The preformed MMA implant.

뇌부종으로 인해 감압 두개골 골편제거술 및 혈종제거술을 시행하였고, 골절된 좌측 안와 상연에 대한 관혈적 정복

술 및 내고정술을 시행하였다. 수상 6개월 후 신경학적으로 위급한 시기에서 회복되고 연부조직의 손상 및 감염이 해결되어 두개골 성형술을 계획하였다.

관상절개를 통하여 모상건막하층으로 두피판을 거상하여 결손 부위를 노출시켰다. 이때, 골 결손 부위의 뇌경막이 손상되지 않도록 조심스럽게 두피판을 박리하였다. 찢어진 뇌경막을 봉합하고, 경막의 공간을 철저히 지혈하였다. 골 결손 부위의 복잡하고 불규칙한 경계를 술전 모의수술과 같이 톱과 burr를 이용하여 단순한 모양으로 다듬었다 (Fig. 3. Arrow). 경막의 사강을 줄이기 위해 드릴천공을 이용하여 미리 제작된 MMA 삽입물에 골공을 만든 후, 4-0 실크를 이용하여 dural tenting suture를 시행하였다. MMA 삽입물을 miniplate와 screw를 이용하여 결손 부위에 고정하였다 (Fig. 3). 한 시간 동안의 수술을 통해 자연스러운 외형의 전두골을 재건할 수 있었다. 수술 후 3일간 Hemovac drain을 사용하였고, 1주일간 cephalosporin계의 항생제를 투여하였다. 수술 후 6개월의 추적관찰 동안, 감염을 비롯한 합병증이 없이 자연스럽게 함몰 부위가 교정됨으로써 만족스러운 결과를 얻을 수 있었다 (Fig. 4).

고 찰

제2차 세계대전 중 두개골 성형술의 수요가 급증하면서 MMA를 이용한 두개골 성형술의 안전성이 확인되었다.⁴ 이

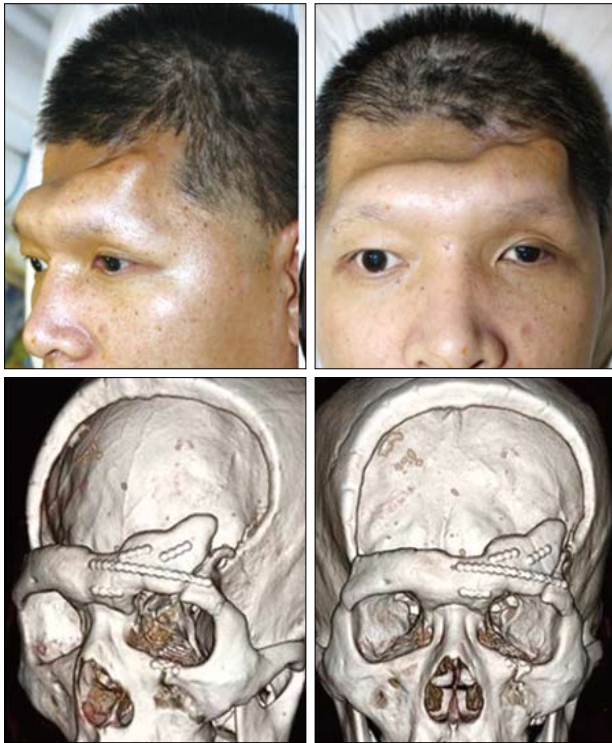


Fig. 2. A 44-year-old man with post-traumatic frontal hollowness prior to cranioplasty. (Above, left & right) Preoperative photographs. (Below, left & right) Preoperative facial three-dimensional computed tomography findings.

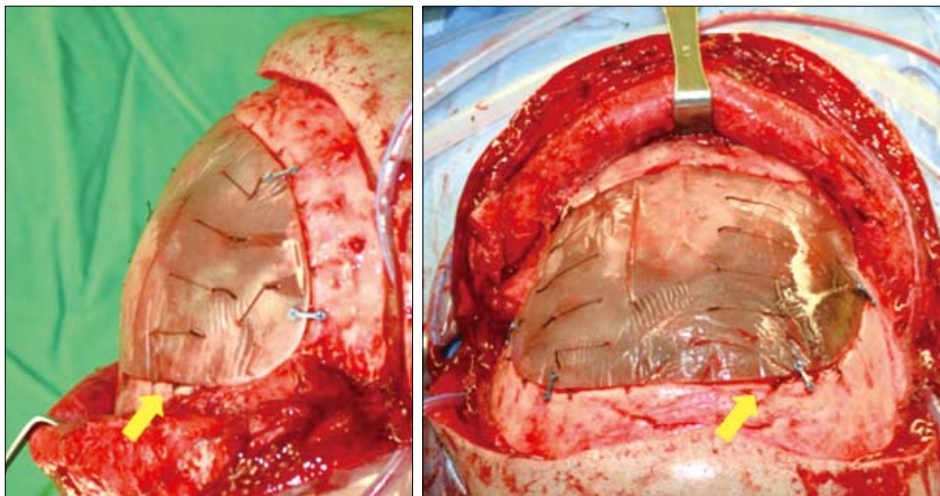


Fig. 3. Methylmethacrylate implant was fitted to the frontal defect site and fixed with miniplates and screws. (Left) Lateral view. (Right) Frontal view. (Arrow) The irregular margin of the defect was trimmed with saw and burr.



Fig. 4. (Left & center) Postoperative photographs of the patient. (Right) Axial computer tomography scan obtained at 6 months after the surgery showed excellent frontal contour.

후 MMA는 인공물질 중에서 두개골 성형술 시 가장 흔히 이용되고 있다.³ MMA는 서서히 굳는 특성이 있기 때문에 원하는 모양으로 만들기 수월하며, 공여부의 위해 없이 광범위한 결손 부위를 재건하는데 유용하다. 또한 수술 후에는 흡수되지 않으면서, 금속성 물질과 달리 컴퓨터단층촬영이나 자기공명촬영 시 간섭하지 않는다는 장점을 갖고 있다.⁶

하지만 MMA는 중합반응 시 특징적인 투명성과 강성을 가지게 되는데, 이때 발생하는 중합열에 의해 주변조직이나 뇌막에 손상을 줄 수 있다.⁴ 일부 연구자들은 중합열에 의한 조직의 손상을 방지하기 위해서 중합반응 시 생리식염수로 세척하거나 뇌조직과 MMA 사이에 젖은 거즈를 위치시키기도 하였다.⁶ 하지만 이러한 방법은 조직의 열손상을 완벽하게 차단하기 어려울 뿐만 아니라 자연스러운 MMA 삽입물을 제작하는데 있어서도 방해요인이 될 수 있다.

MMA의 중합열에 의한 조직손상은 수술 전에 미리 삽입물을 제작함으로써 방지할 수 있다. Origitano 등⁷은 삽입물을 수술 전에 미리 제작함으로써 중합열로 인한 조직손상을 방지할 뿐만 아니라, 충분한 제작 시간을 통해 3차원적으로 자연스러운 삽입물을 제작하는 방법을 보고하였다. Origitano 등⁷은 수술 전에 주물을 제작할 때, 환자의 두부에 석고를 적용하였다. 이 방법은 환자에게 불편하며, 석고가 굳을 때 발생하는 열과 석고 자체의 무게에 의한 압력이 피부를 통해 뇌조직에 전달될 수 있다는 문제점이 있다.

저자들은 이러한 한계점을 극복하기 위해 신속조형기술을 이용하여 환자의 두부와 동일한 모형을 제작하였다. 신속조형기술은 CT 영상을 통해 단면을 적층하는 방식(layer-by-layer approach)으로 비교적 짧은 시간 내에 입체적인 모형을 제작하는 기술이다. 이 기술을 이용하면, 수술 전 계획수립 및 모의수술이 가능하기 때문에 짧은 시간 내에 안전한 수술을 할 수 있다.⁸

3차원적으로 자연스러운 삽입물을 제작하는 것은 쉽지 않다. Gerber 등⁵은 결손 부위에 대해 computer aided design (CAD) software와 신속조형기술을 이용하여 주형을 제작한 후 MMA 삽입물을 제작하였다. 그러나 CAD software를 활용하기 위해서는 전문적인 기술이 필요하기 때문에 관련 지식이 부족한 임상 의사가 활용하기에는 어려움이 있다. 또한 비용적인 면에서도 효율적이지 못하다. 저자들은 CAD software 대신에 석고와 신속조형모형을 이용하여 비교적 단순한 방법으로 MMA 삽입물을 제작하였고, 그 결과 전두골 결손 부위를 자연스러운 외형으로 재건할 수 있었다.

저자들은 두개골 성형술 시 수술 전에 석고와 신속조형모형을 이용하여 간단한 방법으로 결손 부위에 꼭 맞는 MMA 삽입물을 제작하였다. 그 결과, 짧은 시간 내에 안전하면서도 미용적, 기능적으로 만족할 만한 두개골 성형술을 시행할 수 있었다.

REFERENCES

1. Kim CS, Bang NS, Soh SE: Comparison of cranioplasty with autogenous bone grafts and alloplastic material. *J Korean Soc Plast Reconstr Surg* 23: 961, 1996
2. Hardesty RA, Marsh JL: Craniofacial onlay bone grafting: a prospective evaluation of graft morphology, orientation, and embryonic origin. *Plast Reconstr Surg* 85: 5, 1990
3. Marchac D, Greensmith A: Long-term experience with methylmethacrylate cranioplasty in craniofacial surgery. *J Plast Reconstr Aesthet Surg* 61: 744, 2008
4. Aydin S, Kucukyuruk B, Abuzayed B, Sanus GZ: Cranioplasty: review of materials and techniques. *J Neurosci Rural Pract* 2: 162, 2011
5. Gerber N, Stieglitz L, Peterhans M, Nolte LP, Raabe A, Weber S: Using rapid prototyping molds to create patient specific polymethylmethacrylate implants in cranioplasty. *Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc* 2010: 3357, 2010
6. Lee WJ, Park Y, Park BY: Rigid fixation of methylmethacrylate on cranioplasty: internal screw-locking method. *J Korean Soc Plast Reconstr Surg* 30: 541, 2003
7. Oritano TC, Izquierdo R, Scannicchio LB: Reconstructing complex cranial defects with a preformed cranial prosthesis. *Skull Base Surg* 5: 109, 1995
8. Jung KI, Baek RM, Lim JH, Park SG, Heo CY, Kim MG, Kwon SS: 3-dimensional model simulation craniomaxillofacial surgery using rapid prototyping technique. *J Korean Soc Plast Reconstr Surg* 32: 796, 2005