

가토의 두개안면골봉합선의 견고한 고정이 골성장에 미치는 영향

계명대학교 의과대학 성형외과학교실

한기환·하성운·강진성

= Abstract =

THE INFLUENCE OF RIGID FIXATION ON CRANIOFACIAL GROWTH IN RABBITS

Kihwan Han, M.D., Seongyun Ha, M.D., Jinsung Kang, M.D.

Department of Plastic Surgery
Keimyung University School of Medicine, Taegu, Korea

Plate and screw fixation has had a profound effect on the recent development of craniofacial surgery. Rigid fixation of the facial skeleton by using plate and screw has become routine in adults, many craniofacial surgeons have expanded its use to the pediatric patient. The effects of microplate and screw fixation on subsequent craniofacial growth, however, have not been qualified in infancy and childhood.

Sixty white male rabbits, 4 weeks old and weighing 400 gm, were divided into 5 groups. Each group contains 12 rabbits. Group 1 was control and group 2 was sham. They operated periosteal elevation to the right of the midline over the nasal and frontal bone. Group 3: 2-hole microplate and screws were placed in the right nasofrontal suture. Group 4: 2-hole microplate and screws were placed in the right nasomaxillary suture. Group 5: microplates and screws were placed in the right nasofrontal and nasomaxillary suture. All rabbits were killed at 18 weeks postoperatively. We analyzed the changes in morphology to be the result of differences in growth between the operated and unoperated groups by direct osteometry on dry skull preparations, and the structures of the constrained suture were analysed under light microscopy.

Periosteal elevation alone (sham group) showed no discernible change in the shape of craniofacial bone except localized periosteal thickening. Nasofrontal suture plating showed periosteal thickening and bony resorption around the plate, nasal flattening of plated side, an increase in the width of the nasal bone on the plated side, a slight nasal deviation (mean 2.0 degrees) to the plated side, and frontal displacement of microplate and screws. Nasomaxillary suture plating showed periosteal thickening and bony resorption around the plate, nasal flattening of plated side, a decrease in the width of the nasal bone on the plated side, and nasal displacement of microplate and screws. Nasofrontal and nasomaxillary suture plating showed periosteal thickening and bony resorption around the plate, nasal depression of plated side, a decrease in the width of the nasal bone on the plated side, a significant nasal deviation (mean 5.2 degrees) to the plated side, and frontal and nasal displacement of microplates and screws.

* 이 논문은 1996년 한국학술진흥재단의 공모과제 연구비에 의하여 연구되었음

The findings of this study show that the use of microplate and screw fixation on the growing craniofacial skeleton in the rabbit model leads to little evidence of localized growth retardation. But their use in the pediatric population should be viewed cautiously, because secondary growth disturbances can be produced with the use of these fixation devices. Careful observation of early and late growth is mandatory when microplates are used in the pediatric patient. It is recommended that the plates and screws are removed as soon as possible after bony union.

Key Words: Rigid fixation, Craniofacial growth, Osteometry

I. 서 론

두개안면골수술(craniofacial surgery)은 금속판(metallic plate)과 금속나사(metallic screw)를 이용한 견고한 고정(rigid fixation)에 힘입어 발전했다고 해도 지나치지 않다.¹ 선천성 두개안면골기형(congenital craniofacial anomaly)이나 후천성 두개안면골변형(acquired craniofacial deformity)을 교정하기 위해 금속판과 금속나사를 사용하면 절골편 사이의 간격을 유지시킴으로써 교정한 골의 형태를 효과적으로 유지할 수 있을 뿐만 아니라 절골편 사이의 골유합(bony union)이 빨리 일어나며, 술후 약간고정(intermaxillary fixation)의 기간을 줄일 수 있어서 환자에게 불편함을 덜어줄 수 있는 장점이 있다. 견고한 고정을 위해 과거에는 스테인레스 강선(stainless steel wire)을 이용했지만 시간이 지남에 따라 풀리거나 느슨해져서 견고한 고정이 불가능했으므로 요즈음에는 vitallium이나 titanium을 소재로 한 금속판과 금속나사를 많이 사용하고 있다. 이런 금속판과 금속나사는 압박으로써 절골이나 골절된 골연(bony edge)의 연속성을 회복시키는 것으로서² 견고하게 고정할 수 있는 큰 장점이 있지만 성장하는 두개안면골봉합(craniofacial suture)을 가로질러 고정했을 때에는 두개안면골의 성장에 영향을 미칠 우려가 있다. 견고한 고정이 골성장에 미치는 영향은, 두개골조기유합(craniosynostosis)의 발생기전에 관한 지식을 통해 볼 때 두개골봉합(cranial suture)에 대해 수직 방향으로 성장장애가 일어나며, 안면골의 성장에도 영향을 미칠 것으로 생각된다.³ 그러나 이에 대한 임상적 보고는 많지 않으며,^{4,5} 동물실험 보고도 Resnick 등(1990)⁶에 의한 최초보고 이후 그 숫자가 적을 뿐만 아니라 의견을 서로 달리하고 있어서 아직도 뚜렷한 결론을 내리지 못하고 있다. 이에 본 연구는 성장기 가토에서 안면골인 비골과 두개골인 전두골 사이의 비전두골봉합(nasofrontal suture)과 비골과 상악골 사이의 비상악골봉합

(nasomaxillary suture)을 소금속판(microplate)과 금속나사로써 견고하게 고정하여 조기 유합(premature synostosis)시켰을 때 비골과 주위 두개안면골의 성장에 어떤 영향을 미치는지를 관찰하고, 만약 골성장에 어떤 영향을 미친다면 국소적인지 아니면 보상작용에 의해 인접 골까지 영향을 미치는지에 대해서도 알아보고, 아울러 임상적 개선책을 찾고자 한다.

II. 재료 및 방법

평균 무게가 400 gm이고 이유시킨 생후 4주된 수컷 가토(New Zealand white rabbit, Oryctolagus cuniculus) 60마리를 대상으로 하여 실험기간중 같은 환경에서 동일한 사료로 사육하였다. 짧은 순응 기간을 거친 다음 군당 12마리씩 5군으로 나누어 모두 비슷한 나이에 수술하였다. 제 1군은 수술하지 않은 대조군(control group), 제 2군은 허위군(sham group)으로 우측 비전두골의 골막만 일으킨 군, 제 3군은 우측 비전두골봉합을 소금속판과 금속나사를 이용해 고정한 군, 제 4군은 우측 비상악골봉합을 같은 재료로써 고정한 군, 제 5군은 우측 비전두골봉합과 우측 비상악골봉합을 모두 같은 재료로써 고정한 군이다.

Pentobarbital sodium(Entobar, 20 mg/kg)을 복강내 주사하여 마취한 다음 수술부위의 털을 깎고 3% 요오드액(iodine solution)으로 소독한 뒤 가토 얼굴에 2 cm 길이로 정중시상절개(midline sagittal incision)하여 피부와 골막을 함께 일으켜 두개안면골을 노출시켰다. 제 1군을 제외하고는 모두 우측 비전두골의 골막을 골막기자(periosteal elevator)로써 일으킨 다음 제 3, 4 및 5군에서는 구멍이 2개인 6 mm 길이의 소금속판(독일 Leibinger사)과 저절로 조여지는 3 mm 길이의 금속나사(self-tapping screw, 독일 Leibinger사)를 이용하여 해당 봉합선을 가로질러 견고하게 고정하였다(Fig. 1). 이때 나사는 3 mm 길이를 사용하여 경수막(dura)에 손상이 가지 않도록 조심하였으며,



Fig. 1. Intraoperative photograph. Microplate and screw fixation across the nasofrontal (upper) and nasomaxillary (lower) sutures.

나사 구멍은 찬 생리식염수를 뿌리면서 저속의 전기 드릴로 뚫어 골세포(bone cell)의 손상을 최소화하도록 노력하였다. 수술을 마친 뒤 골막은 봉합하지 않은 채로 피부만 5-0 흑선사로 연속 봉합하였다. 모든 처치는 가능한 한 무균 조작하려고 애썼으며, 감염을 방지하기 위해 penicillin-G(300,000 units/kg)를 수술 하루 전부터 술후 3일 동안 근육 주사하였다. 가토의 두개안면골 성장이 완료되는 시기인 술후 18 주에⁷ Mioblock(pancuronium bromide) 4 mg을 근육 주사하여 회생시킨 다음 두경부를 분리하여 식염수에 넣고 1시간 동안 끓인 뒤 연조직을 완전히 제거하였다. 다시 두경부를 과산화수소수(H_2O_2)액에 하루 동안 담궈둔 뒤 꺼내어 건조시켜 두개안면골 표본을 얻었다. 이 두개안면골 표본으로부터 우선 두개안면골봉합의 상태를 육안으로 관찰하였다. 두개안면골봉합의 고정에 의한 두개안면골의 3차원적인 형태 변

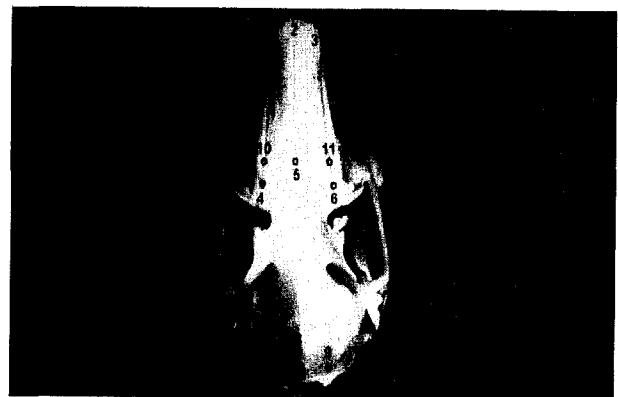


Fig. 2. Eleven topographic landmarks in normal rabbit.



Fig. 3. Measured distances by direct osteometry on dry skull preparation.

화는 주로 비대칭이며, 이런 비대칭은 직접 두개골 계측법(direct osteometry)으로 정확하게 표현할 수 있다. 이런 직접 골계측을 하기위해 두개안면골의 특정한 지표(osteometric landmark)를 결정한 다음(Table

Table I. Osteometric Landmarks

-
1. Left anterior nasal angle
 2. Nasale
 3. Right anterior nasal angle
 4. Left lateral nasofrontal suture
 5. Nasion
 6. Right lateral nasofrontal suture
 7. Left asterion
 8. Lambda
 9. Right asterion
 10. Perpendicular crossed point from nasion to line tangent to the right nasal rim
 11. Perpendicular crossed point from nasion to line tangent to the left nasal rim
-

Table II. Definition of Measured Distance between Osteometric Landmarks on Dry Skull Preparations

Osteometric landmark	Fronto-nasal distance	Lambdoid-frontal distance	Width of nasal bone
Right	3-6	6-9	5-11
Left	1-4	4-7	5-10
Midline	2-5	5-8	

I 및 Fig. 2), 이 지표들 사이의 거리를 활주캘리퍼(sliding caliper)로써 계측하였다(Fig. 3). 거리는 전두비골간격(frontonasal length)과 삼각전두골간격(lambdoid-frontal length)을 안면정중선(facial midline)과 좌우측 등의 3군데에서 계측하였으며, 비골의 폭도 양쪽 비골에서 계측하였다(Table II). 비골의 굽은 정도는 굽은 비골간봉합(internasal suture)과 안면정중선 사이의 각도로 표현하였다. 신뢰도를 높이기 위하여 한사람이 각 항목마다 2번씩 계측하였으며, 그 값이 서로 다를 때에는 1번 더 측정하여 전번 계측치와 일치하는 값을 계측치로 취하였다. 또 소금속판과 금속나사에 의해 견고하게 고정된 봉합선부위에서 일어나는 조직 변화를 광학현미경으로 관찰하기 위해 소금속판 바로 옆에서 봉합선을 포함하여 봉합선 양쪽의 골을 함께 3×5 mm의 크기로 취한 다음 10% formalin에 고정하여 탈회(decalcification)한 다음 파라핀으로 포매하고 5 μm 의 조직절편을 취해 hematoxylin-eosin 염색을 하였다.

III. 결 과

모든 실험동물에서 술후 창상감염은 없었지만, 술후 설사로 인한 탈수증과 마취 합병증으로 인해 30마리가 조기 사망하였다. 이런 사망은 모든 군에서 두루 관찰되었고 새로운 토끼로 대체하여 다시 실험하였다.

가. 육안적 소견

술후 18주에 창상을 열어보았을 때 소금속판과 금속나사의 일부는 골에 단단하게 고정되어 있었지만 일부는 약간 느슨해져 있었다. 제 1군에서 양쪽 비골 사이에 형태 및 크기의 차이는 없었으며, 비골간봉합(internasal suture)도 직선 형태로 잘 유지되어 있었다(Fig. 4). 제 2군(허위군)에서도 제 1군과 비슷하게 골성장 장애 소견은 없었지만 우측 비골 골막이 두꺼웠다. 제 3군(우측 비전두골봉합군)에서는 소금속판 주위의 골막이 두꺼웠으며, 소금속판 주위 골의

흡수로 인해 소금속판이 돌출되었고, 우측 비골이 좌측에 비해 조금 낮았으며, 우측 비골의 폭은 좌측보다 조금 더 넓었고(Table III), 양쪽 비골이 모두 우측으로 평균 2.0도(표준편차, standard deviation: 0.3도) 굽었으며, 비전두골봉합에 고정한 소금속판과 금속나사는 전두골 쪽으로 변위(frontal displacement)되었다(Fig. 5). 또 소금속판이 신생골에 의해 부분적으로 덮여 있었는 데도 발견되었다(Fig. 6). 제 4군(우측 비상악골봉합군)에서도 제 3군에서처럼 소금속

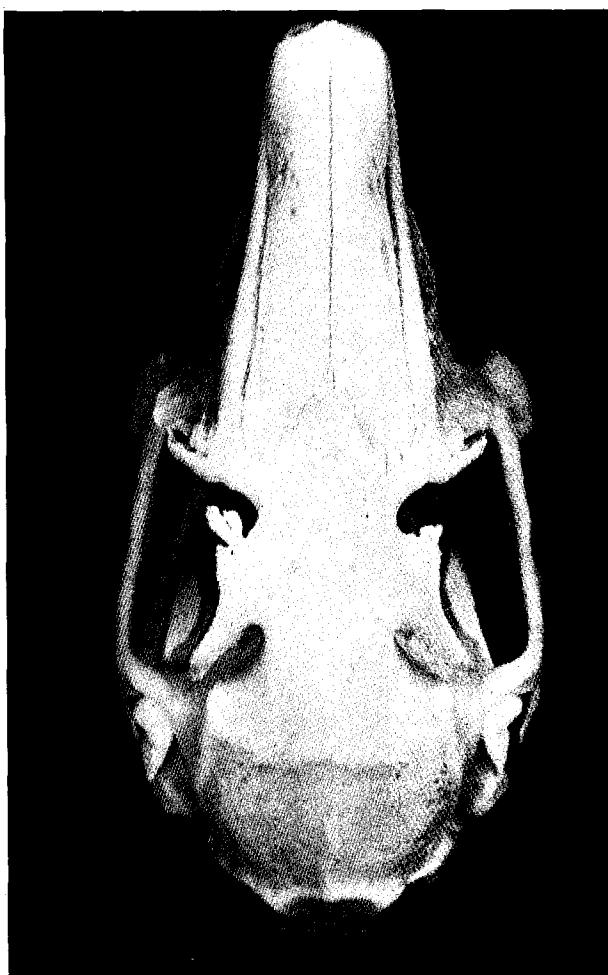


Fig. 4. Dry skull preparation in group 1 shows no discernible changes in the shape of craniofacial bone.



Fig. 5. Dry skull preparation in group 3 shows a bony resorption around the plate, a slightly deviated nasal bones to the plated side, nasal flattening of plated side, a slight increase in the width of the nasal bone on the plated side, and frontal displacement of microplate and screws.

판 주위의 골막이 두꺼웠으며, 소금속판 주위에서 골이 흡수되어 소금속판이 돌출되었고, 우측 비골이 반대쪽에 비해 조금 낮았다. 우측 비골의 폭은 좌측보다 조금 좁았으며(Table III), 비상악골봉합에 고정한 소금속판과 금속나사가 비골쪽으로 변위(nasal displacement) 되었다(Fig. 7). 제 5군(우측 비전두골봉합 및 우측 비상악골봉합 고정군)에서도 제 3군 및 제 4군처럼 소금속판 주위의 골막이 두꺼웠으며, 소금속판 주위에 골흡수가 일어나서 소금속판이 돌출되었고, 우측 비골이 반대쪽에 비해 핵물되었으며, 우측 비골의 폭이 좌측보다 좁았고(Table III), 양쪽 비골이 우측으로 평균 5.2도(표준 편차: 0.5도) 굽었으며, 비전두골봉합에 고정한 소금속판과 금속나사는 전두골쪽으로 그리고 비상악골봉합에 고정한 소금속

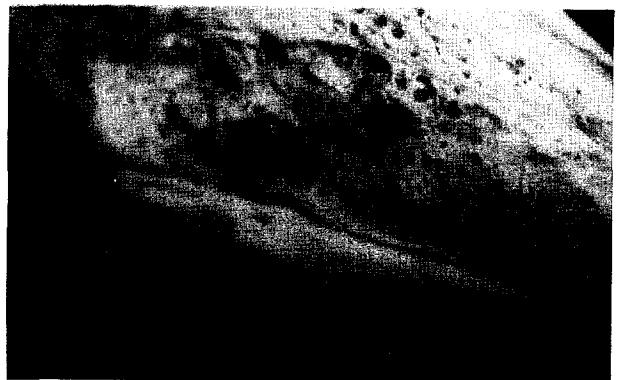


Fig. 6. Dry skull preparation in group 3 shows the plate being buried by new bone formation.

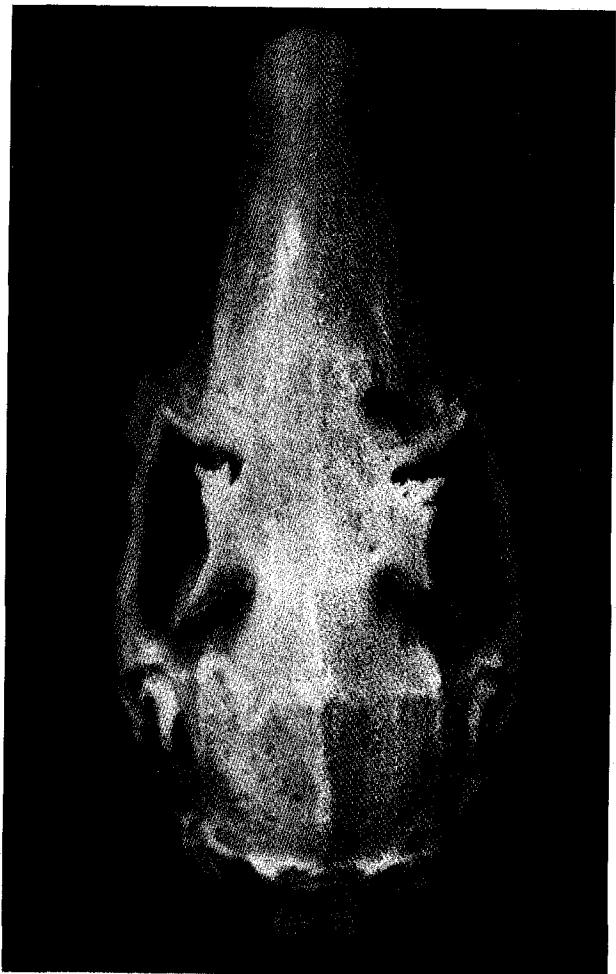


Fig. 7. Dry skull preparation in group 4 shows a bony resorption around the plate, nasal flattening of plated side, a slight decrease in the width of the nasal bone on the plated side, and nasal displacement of microplate and screws.

판과 금속나사는 비골쪽으로 변위되었다(Fig. 8).

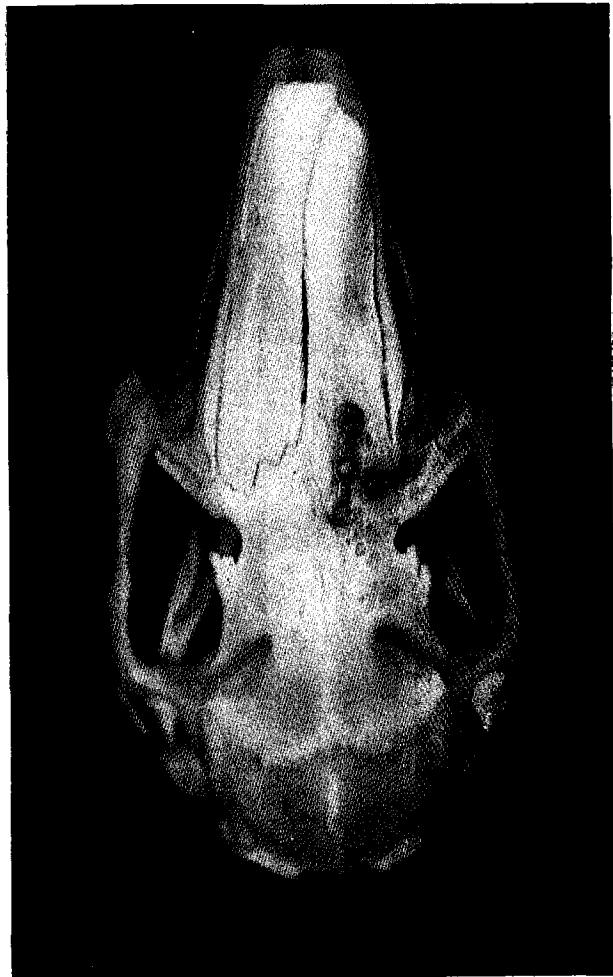


Fig. 8. Dry skull preparation in group 5 shows severely deviated nasal bones to the plated side and nasal depression of plated side.

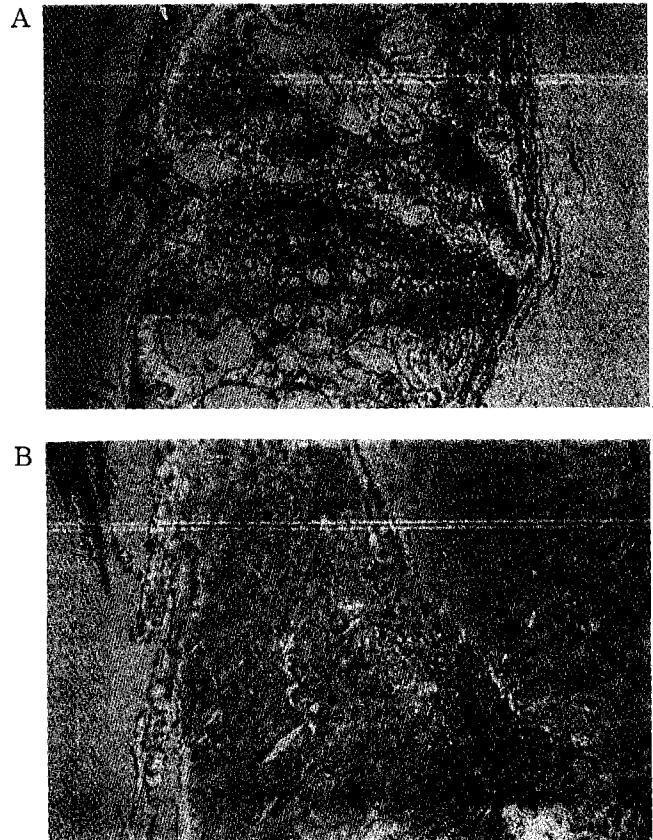


Fig. 9. A, Microscopic sagittal specimen demonstrating normal nasofrontal suture area from control group. Stained with hematoxylin and eosin; magnification $\times 50$. B, Microscopic sagittal specimen demonstrating thickened periosteum over nasofrontal area from sham group. Stained with hematoxylin and eosin; magnification $\times 50$

I.4. 현미경적 소견

제 2, 3, 4 및 5군의 우측 비전두골봉합과 비상악골봉합부위에서는 금속판으로 고정시킨 주위의 골막과 골주(trabecula)가 대조군에 비해 많이 두꺼워져 있었다(Fig. 9A 및 9B). 대조군에서 관찰되는 골간 접합구조의 간격은 비교적 일정하게 유지되어 있으며, 증식된 섬유조직의 세포밀도가 낮고 골모세포(osteoblast)나 파콜세포(osteoclast)의 두드러진 증식도 없었다(Fig. 10A). 반면에 금속판으로 고정시킨 제 2, 3, 4 및 5군의 골봉합 부위에서는 골사이의 간격이 좀더 좁아졌고, 증식된 섬유조직의 세포밀도가 높으며 골간의 세포외기질의 양이 풍부하였다. 또한 골막으로부터 유입되는 혈관구조와 새로 생긴 woven bone 주위에 골모세포가 증식되어 있지만 파콜세포의 증식은 관찰되지 않았다(Fig. 10B).

II. 골계측 소견

대조군(제 1군)의 골계측치와 제 2, 3, 4 및 5군의 골계측치를 각각 paired t test로써 비교하였을 때 그리고 봉합선을 고정하지 않은 좌측의 골계측치와 고정한 우측의 계측치를 각 군별로 paired t test로써 비교했을 때 비골의 폭을 제외하고는 통계적으로 유의한 차이가 없었다(Table III). 즉 골막을 일으킨 경우(제 2군)와 소금속판 및 나사로 견고한 고정을 한 경우(제 3, 4 및 5군) 모두에서 전두비골간격(frontonasal length)과 삼각전두골간격(lambdoid-frontal length) 등의 시상거리(sagittal distance)는 대조군과 차이가 없었지만 관상거리(coronal distance)인 비골의 폭은 전측에 비해 제 3군에서는 유의하게 더 넓었고($p < 0.05$) 제 4군 및 제 5군에서는 유의하게 더 좁았다($p < 0.001$).

Table III. Measured Distances by Direct Osteometry on Dry Skull Preparations (mm \pm SD)

	Fronto-nasal distance	Lambdoid-frontal distance	Width of nasal bone	Midline deviation
Group 1 (control)				No deviation
Right	42.2 \pm 1.2	51.0 \pm 1.4	10.2 \pm 0.2	
Left	42.0 \pm 1.5	51.0 \pm 1.8	10.3 \pm 0.7	
Midline	39.3 \pm 0.8	55.0 \pm 1.3		
Group 2 (sham)				No deviation
Right	43.1 \pm 1.1	52.2 \pm 1.2	9.6 \pm 0.3	
Left	42.9 \pm 1.0	51.8 \pm 1.1	9.4 \pm 0.2	
Midline	40.3 \pm 0.9	55.0 \pm 1.1		
Group 3 (nasofrontal)				2.0° deviation*
Right	41.7 \pm 1.0	50.8 \pm 1.3	9.8 \pm 0.5*	
Left	41.9 \pm 0.8	50.6 \pm 1.0	9.7 \pm 0.5	
Midline	39.3 \pm 0.8	53.5 \pm 1.3		
Group 4 (nasomaxillary)				No deviation
Right	40.7 \pm 1.1	49.8 \pm 0.9	8.2 \pm 0.6**	
Left	41.3 \pm 1.2	48.5 \pm 0.8	9.0 \pm 0.8	
Midline	43.9 \pm 1.7	55.2 \pm 1.2		
Group 5 (both)				5.2° deviation**
Right	41.5 \pm 0.7	48.3 \pm 1.0	8.3 \pm 0.4**	
Left	40.8 \pm 0.8	48.5 \pm 1.2	8.7 \pm 0.7	
Midline	38.6 \pm 0.8	52.8 \pm 1.7		

*: p < 0.05 ** : p < 0.001

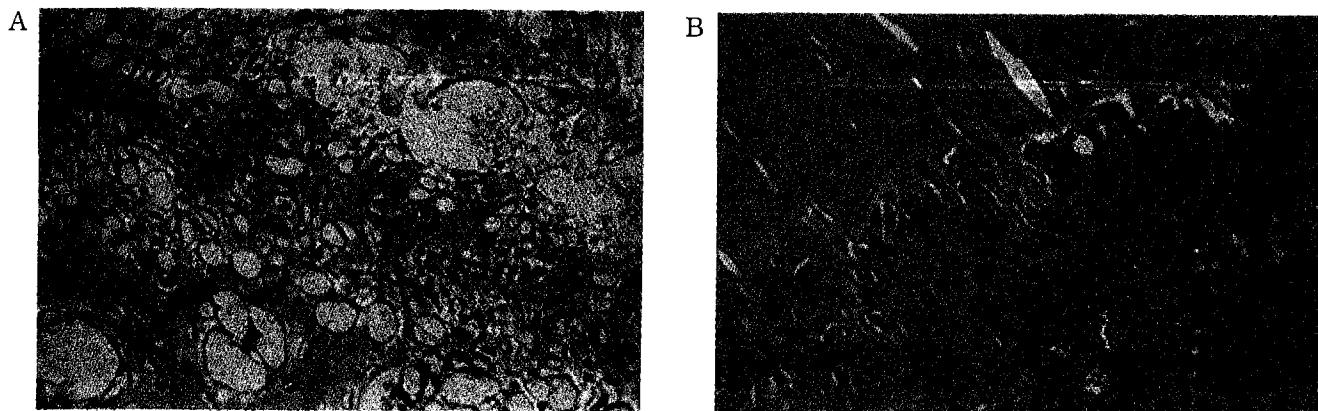


Fig. 10. A, Microscopic sagittal specimen demonstrating normal suture(group I). Stained with hematoxylin and eosin; magnification x 200. B, Microscopic sagittal specimen of nasofrontal suture(group III) from 22-week-old rabbit demonstrating complete fusion and no evidence of a suture. Stained with hematoxylin and eosin; magnification x 200.

비골의 굽은 정도는 비전두골봉합만 고정한 제 3군에서는 대조군에 비해 비골이 우측으로 2도 정도 유의하게 더 굽었으며($p < 0.05$), 비전두골봉합과 비상악골봉합을 둘다 고정한 제 5군에서는 비골이 우측으로 5.2도로 더 많이 휘었으며, 통계적으로 유의

하였다($p < 0.001$).

IV. 고 칠

두개안면골수술은 두개안면골기형 및 변형에 의한

시력장애, 발음장애, 부정교합(malocclusion) 등의 기능적 장애와 비정상적인 외모에 의한 정신적 장애가 있을 때 하게 되며, 이중 정신적 장애는 평생동안 환자에게 마음의 상처를 주므로,⁸ 이런 정신적 충격을 줄여주기 위해 조기 수술을 시도하고 있다. 성장기 소아에서 두개안면골수술을 할 때 연조직의 박리, 절골 및 견고한 고정 등이 두개안면골 성장에 악영향이 미칠 것으로 예상하고 많은 연구를 하고 있다. 이 가운데 골고정술(skeletal fixation)과 두개안면골의 성장과의 연관성은 매우 중요하며, 골고정술의 발전사에 따라 소아 두개안면골수술의 역사를 5단계로 구분할 수 있다.⁹ 첫째 단계는 두개골 자체를 고정하기보다는 치아교합(dental occlusion)을 효과적으로 유지하는 것이 두개골의 안정성에 도움이 된다고 생각한 시기이며, 결과적으로 두개골의 이차적 변형을 초래하게 되었다. 둘째 단계는 외부고정기(external fixator)를 이용한 시기로 치아교합을 유지하기 위해 두개골에 부착시키는 고정기를 이용하였지만 장기간 부착해야 할 뿐만 아니라 고정기를 제거했을 때 재발하는 단점이 있어서 내부고정기를 추가로 더 대어주어야 하는 불편함이 있었다. 셋째 단계는 요즈음도 사용하고 있는 스테인레스 강선을 이용한 골간고정(intersosseous wiring)의 시기로 견고한 고정이 불가능하고 강선의 골내이동(endosteal migration)에 의한 경수막 손상의 위험이 있었다. 넷째 단계는 15년전부터 시작된 금속판(metallic plate) 및 금속나사(metallic screw)를 이용한 시기로 스테인레스 철로 만든 금속판으로 시작해서 지금에는 vitallium과 titanium이 주로 사용되고 있지만 여전히 금속판의 골내이동과 골성장 장애와 같은 문제점이 남아있다. 최근에는 polylactic acid과 polyglycolic acid로 만든 흡수성 고정판(absorbable plate) 및 흡수성 나사가 개발되어 스테인레스 강선과 금속판 및 금속나사의 문제점인 골내이동 및 골성장 장애와 같은 것들을 어느 정도는 해결할 수 있게 되었지만 금속판에 비해 부피가 크기 때문에 피부를 통해 드러나 보이며 술후 부종이 좀더 심한 단점이 여전히 남아있어서 다음 단계인 조직접착제(tissue glue)에 기대를 걸고 있다.

두개안면골기형을 성장기에 교정했을 때 골성장에 미치는 영향에 관한 임상연구 및 실험연구는 다음과 같다. 첫째는 연조직 박리에 관한 연구로, 대표적인 Bardach 등(1982)^{10,11}의 동물실험에 의하면 인위적으로 만든 구순열을 교정할 때 입술의 긴장을 줄여주기 위해 상악골 위에 놓이는 협부 연조직을 박리하면 술후 발생한 반흔 및 반흔구축에 의해 중안면골

(midface bone)의 성장이 저해된다고 한다. 이는 연조직 박리 자체가 골에 영양을 공급하는 골막혈관망(periosteal vessel network)을 파괴시켜서 성장골의 발육에 영향을 미치기 때문이다.¹² 둘째, 두개안면골중에서도 봉합선이 아닌 막골(membranous bone)을 절골했을 때 골성장에 미치는 영향에 관해서는 의견이 분분하다. Bachmayer 등(1986)¹³은 Crouzon병 또는 Apert증후군에서 절골술이 임상적으로 상악골 성장에 장애를 일으킨다고 보고하였고, Oosterhout와 Vargervik(1986)¹⁴도 의견을 같이하여 소아기의 중안면부 외상은 상악골의 성장장애를 유발한다고 하였다. 그러나 Muhlbauer(1987)¹⁵는 1세 이전에 안와상악안면골전진술(orbitomaxillofacial advancement)을 시행한 30명의 환자를 5세까지 추적 조사해 보았을 때 안면골에 성장장애가 없음을 보고하였다.셋째, 두개안면골봉합을 따라 절골한 다음 이 봉합선을 가로질러 고정했을 때 골성장 장애 유무에 관해서도 이론이 많다. 비전두골봉합,¹⁶ 전상악상악골봉합(premaxillomaxillary suture)¹⁷이나 관측두골봉합(zygomaticotemporal suture)¹⁸을 유합(synostosis)시켰을 때 성장이 장애되었다는 보고가 있는 반면, Munro(1978)¹⁹는 돔지실험에서 Le Fort III 절골술로 봉합선을 따라 절골한 다음 고정했을 때 두개안면골의 성장장애를 관찰할 수 없다고 하였다. 넷째는 조기 수술을 가능하게 한 가장 획기적인 발전인 금속판과 나사를 이용한 견고한 고정술이 골성장에 미치는 영향에 관한 것으로 McCoy 등(1966)²⁰은 비골골절을 제외한 소아 안면골 골절에서 정복한 뒤 견고한 고정을 하면 안면골 성장에 영향을 주지 않는다고 하였다. 그러나 Resnick 등(1990)²¹은 성장하는 가토에서 봉합선을 가로질러 금속판을 고정시켰을 때 5~8%의 골성장 장애를 보고하였으며, Losken 등(1991)²²도 철선고정군에서는 두개안면골의 높이가 30~40%나 감소하지만 금속판고정군에서는 1% 정도만 감소하기 때문에 견고한 고정에 의한 골성장 장애가 외관상 별로 문제가 되지 않을 뿐만 아니라 수술로써 이루어 놓은 형태를 지속적으로 유지하기 위해서는 금속판으로 고정하는 것이 더 유리하다고 하였다.

본 실험에서는 4주된 수컷 가토를 재료로 사용하였는데, 가토 두개저(cranial base)의 성장양상이 사람과 전반적으로 비슷하기 때문이며,¹ 이 시기에 가토 두개안면골봉합이 열려 있을 뿐만 아니라 주산기(perinatal period)이기 때문에 뇌가 급격히 성장하는 시기이기 때문이다. 수컷으로 실험한 이유는 호르몬이 골과 봉합선 성장에 미치는 영향을 배제하기 위해서이다. 두개저의 앞쪽 부분은 생후 1~20주에 전

체 성장의 절반이 완성되는데 비해 뒤쪽 부분은 생후 1주에 성장의 70%가 일어나므로 본 실험에서는 앞으로 성장할 기간이 충분한 두개저 앞부분에 있는 비전두골봉합과 비상악골봉합을 선택하여 실험하였다. 비전두골봉합은 전두두정골봉합(frontoparietal suture) 보다 5배이상 빠른 속도로 성장한다고 한다.²³

본 실험에서 금속판을 고정한 쪽과 고정하지 않은 쪽을 통계학적으로 비교해 보았을 때 비골의 폭을 제외하고는 통계학적으로 유의한 차이는 없었지만, 육안적 관찰에서 비골이 금속판을 고정한 쪽이 낮을 뿐만 아니라 고정한 쪽으로 굽는 것을 볼 때 견고한 고정이 골성장에 영향을 미치는 것은 확실하다고 생각된다. Yaremchuk 등 (1994)²⁴은 골성장 장애의 정도는 사용한 금속판의 크기와 연관이 있다고 하였는데 본 실험에서는 크기가 작은 소금속판을 사용했기 때문에 골성장 장애가 미약했던 것으로 생각된다. Marshall 등(1991)²⁵은 성장기 사냥개의 한쪽 관상봉합(coronal suture)과 비전두골봉합을 가로질러 금속판을 고정했을 때 봉합선 일부가 경화(sclerosis)되었고, 금속판으로 고정한 쪽과 고정하지 않은 쪽 사이의 비대칭이 있었으며, 금속판으로 고정한 쪽으로 골중심이 휘었다고 하는데, 이는 본 실험결과와 일치하는 비슷한 소견들이다.

본 실험에서는 소금속판에 의한 골성장 장애는 경미하였지만, 보상적 골성장(compensatory growth)인 비골 폭의 과대 성장은 통계적으로 유의성이 있는 것으로 나타났다. Wong 등(1991)⁷은 금속판으로 고정한 가토골의 형태 변화를 기술하였는데, 고정한 금속판 방향으로 골길이는 감소되지만 금속판의 수직 방향으로는 보상적으로 더 길어진다고 하였다. 즉 성장이 장애된 방향의 수직방향으로 골성장이 더 증가됨으로써 골의 폭은 넓어진다. 이는 뇌발달에 의해 늘어나는 두개내강(cranial cavity)의 용적에 적응하기 위해 봉합선의 수직 방향으로 보상적 성장하는 것과 같은 이치이다. 본 실험에서 소금속판이 신생골에 의해 부분적으로 덮여있는 소견을 나타낸 경우가 있었다(Fig. 6). 이런 소견은 금속판의 골내이동(endosteal migration)으로서 Marchac(1991)²⁶은 전두골을 소금속판과 금속나사로 고정했을 때 소금속판이 골내이동하여 금속나사가 경수막을 뚫는 경향이 있으므로 전두골에서는 소금속판과 금속나사를 사용하지 말 것을 경고한 바 있다. 현재까지 나사에 의한 경수막 및 대뇌피질의 관통이 어떤 임상증상을 일으켰다는 보고는 없지만, 금속판과 금속나사가 제 기능을 다 마친 뒤에는 이를 제거해 주는 게 좋다는 견해가 일

고 있다.²⁷ 이런 골내이동은 Enlow(1981)²⁸의 "성장설(growth theory)"로서 설명이 가능하다. 성장설이란, 두개안면골은 그 내면에서는 골이 흡수되지만 외면에서는 골침착이 일어나면서 골의 성장이 진행된다 는 것이다. 그러므로 '골 바깥쪽에 고정한 금속판은 골침착에 의해 파묻히게 되고 좀더 진행하면 골의 내부로 들어가게 된다. 또 본 실험에서는 금속판의 골내이동과는 반대로 제 3, 4 및 5군 모두에서 소금속판이 주위 골보다 조금 돌출되어 보이는 소견을 나타내었다(Fig. 5, 7). 이는 Fearon 등(1994)²⁹이 설명하는 "금속판 고립(plate isolation)" 현상으로, 금속판 바로 아래에 있는 골은 흡수되지 않지만 금속판 주변의 골이 흡수되면서 금속판이 주위 골에 비해 돌출된 것을 말한다.

Wong 등(1991)⁷은 골성장 장애를 줄이기 위해서는 금속판이 자기의 기능을 다한 뒤에는 가능한 한 빨리 제거하며, 흡수성 고정판(resorbable plate)과 흡수성 나사를 사용하는 것이 좋다고 하였다. 그러나 본 실험에서 가토를 이용해 정상적인 두개안면골봉합을 소금속판과 금속나사로써 견고하게 고정하여 골을 유합시켰을 때 비골 폭의 증가외에는 골성장 장애가 미약하므로 현재 개발되어 막 사용할 단계에 있는 흡수성 고정판 및 흡수성 나사와 같은 값비싼 재료보다는 지금까지 사용해오고 있는 소금속판과 금속나사를 그대로 사용해도 무방할 것으로 생각된다.

V. 요 약

성장기 가토의 비전두골봉합과 비상악골봉합을 소금속판과 금속나사로써 견고하게 고정하여 초기 유합시켰을 때 이런 견고한 고정이 비골과 주위 두개안면골의 성장에 미치는 영향에 관해 알아보았을 때 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. 육안적으로 관찰하였을 때 소금속판 주위에서 골흡수가 일어나 소금속판이 돌출되었으며, 소금속판 아래의 골은 부분적으로 편편하거나 함몰되었다. 비전두봉합고정군과 비전두봉합 및 비상악봉합 동시고정군에서는 소금속판을 고정한 쪽으로 비골이 굽었으며, 동시고정군에서 그 정도가 더 심하였다. 비전두봉합을 고정한 소금속판과 금속나사는 전두골 쪽으로 이동하였고, 비상악골봉합을 고정한 소금속판과 금속나사는 비골 쪽으로 이동하였다. 일부에선 소금속판이 신생골에 의해 부분적으로 덮인 골내이동 소견도 관찰되었다.

2. 현미경적 소견은, 견고한 고정으로 유합시킨 봉

합선에서는 골막과 골주가 더 두꺼웠으며, 양쪽 골로부터 봉합선 쪽으로 골성장이 일어나서 양쪽 골이 서로 유합되었다.

3. 직접 골계측법에서 견고한 고정을 했던 두개안면골봉합에 대해 수직 방향으로 보상성 성장이 이루어졌다. 비전두봉합고정군에서는 비폭이 통계적으로 유의하게 더 넓었으며, 비상악봉합고정군과 동시에 정군에서는 유의하게 더 좁았다. 그러나 시상거리의 변화는 의의가 없었다. 이상의 결과를 종합해 볼 때 두개안면골기형 및 변형에 대해 성장기에 조기 수술하고자 할 때 그 수술시기와 수술방법에 대한 신중한 고려가 필요하며, 견고한 고정이 필요한 경우 가능한 한 크기가 작은 소금속판과 나사를 사용하는 것이 골성장 장애를 최소화할 수 있을 것으로 생각된다.

한기환(Kihwan Han, M.D.)

700-712 대구시 중구 동산동 194

제명의대 성형외과학교실

Tel: 053) 250-7633 Fax: 053) 255-0632

References

- Carinci F, Zaffe D, Pagliarini A, Clausser L, Calura G, Marotti G, Curioni C: Histomorphological analysis of the effect of rigid fixation on growing sutures in the rabbit. *J Maxillofac Surg* 22: 109, 1994
- Spiessel B: Principles of rigid internal fixation in fractures of the lower jaw. In Spiessl B(ed): New concepts in maxillofacial bone surgery. Berlin, Springer, 1976, p 21
- Babler WJ: Role of cranial sutures in normal and abnormal skull development. *Neurosurg Clin N Am* 2: 539, 1991
- Jackson IT, Somers PC, Kjar JC: The use of champy miniplates for osteosynthesis in craniofacial deformities and trauma. *Plast Reconstr Surg* 77: 729, 1986
- Beals SP, Munro IR: The use of miniplates in craniofacial surgery. *Plast Reconstr Surg* 79: 33, 1987
- Resnick JL, Kinney BM, Kawamoto HK: The effect of rigid fixation on cranial growth. *Ann Plast Surg* 25: 372, 1990
- Wong L, Dufresne CR, Richtsmeier JT: The effect of rigid fixation on growth of the neurocranium. *Plast Reconstr Surg* 88: 395, 1991
- Longacre JJ: A plea for the early surgical management of severe congenital craniofacial defects. *Plast Reconstr Surg* 48: 963, 1971
- Habal MB, In discussion of Eppley BL, Sadove AM, Havlik RJ: Resorbable plate fixation in pediatric craniofacial surgery. *Plast Reconstr Surg* 100: 8, 1997
- Bardach J, Mooney M, Gierdrojc-Juraha ZL: A comparative study of facial growth following cleft lip repair with or without soft-tissue undermining: an experimental study in rabbits. *Plast Reconstr Surg* 69: 745, 1982
- Bardach J, Kelly KM: The influence of lip repair with and without soft-tissue undermining on facial growth in beagles. *Plast Reconstr Surg* 82: 747, 1988
- Hellquist R: Facial skeletal growth after periosteal resection: An osteometric, roentgenographic, and histologic study in the rabbit and guinea pig. *Scand J Plast Reconstr Surg Suppl* 1: 1, 1972
- Bachmayer DI, Ross RB, Munro IR: Maxillary growth following LeFort III advancement surgery in Crouzon, Apert, and Pfeiffer syndromes. *Am J Orthod Dentofac* 90: 420, 1986
- Oosterhout DK, Vargervik K: Maxillary hypoplasia secondary to midfacial trauma in childhood. *Plast Reconstr Surg* 80: 491, 1986
- Muhlbauer W: Early facial advancement in craniofacial stenosis. In proceedings of the first international congress of the international society of craniomaxillofacial surgery. New York, Springer, 1987, p 123
- Alhopuro S: Premature fusion of facial sutures with periosteal grafts. *Scand J Plast Surg (Suppl.)* 17: 1, 1987
- Engdahl E: Bone regeneration in maxillary defects: an experimental investigation of the significance of the periosteum and various media (blood, surgical, bone marrow, and bone grafts) on bone formation and maxillary growth. *Scand J Plast Reconstr Surg (Suppl.)* 8: 1, 1970
- Watzek G, Grundschober F, Plenk H, Eschberger

- J: Experimental investigations into the clinical significance of bone growth at viscerocranial sutures. *J Maxillofac Surg* 10: 61, 1982
19. Munro IR: The effect of total maxillary advancement on facial growth. *Plast Reconstr Surg* 62: 751, 1978
20. McCoy FJ, Chandler RA, Crow ML: Facial fractures in children. *Plast Reconstr Surg* 37: 209, 1966
21. Losken HW, Hurwitz DJ, Mooney MP: Frontal bone advancement stability with or without microplate fixation: an experimental study in rabbits. *J Craniofac Surg* 2: 22, 1991
22. Losken HW, Mooney MP, Hurwitz DJ: Frontal bone advancement and compensatory craniofacial growth changes in rabbits with experimental coronal suture immobilization. *J Craniofac Surg* 2: 86, 1991
23. Erickson LC, Ogilvie: Aspects of growth in the cranium, mandible, and teeth of the rabbit as revealed through the use of Alizarin and metallic implants. *Angle Orthod* 28: 47, 1958
24. Yaremchuk MJ, Fiala T, Barker F: The effects of rigid fixation on craniofacial growth. *Plast Reconstr Surg* 93: 1, 1994
25. Marshall MA, Chidyllo SA, Figueroa AA: Long-term effects of rigid fixation on the growing craniomaxillofacial skeleton. *J Craniofac Surg* 2: 63, 1991
26. Marchac D: Commentary on frontal bone advancement. *J Craniofacial Surg* 2: 26, 1991
27. Manson PN: Facial bone healing and bone grafts. *Clin Plast Surg* 21: 331, 1994
28. Enlow DH: Handbook of facial growth. 2nd ed, Philadelphia, WB Saunders, 1981, p 153
29. Fearon JA, Millicovsky G: Comparison of craniofacial growth after rigid fixation with autogenous bone plates and with metal plates. *Plast Reconstr Surg* 93: 697, 1994