

나사못과 고정판을 이용한 경추 후방 고정술시 방사선학적으로 고려할 점

김승민

고신대학교 의학부 신경외과학교실

Radiologic consideration the posterior cervical plate-screw fusion

Seong Min Kim

Department of Neurosurgery, Kosin University College of Medicine, Busan, Korea

Abstract

Background The purpose of this study is to determine whether the Posterior Cervical Fusion methods with the plate-screw system applied to the lateral mass of cervical spine are clinically safe to Korean patients. **Method** The lateral cervical X-ray and Computed Tomography(CT) was done on 10 normal adults without cervical problem. Based on the Roy-Camille and Magerl's method, the theological trajectory of screw was shown on films and the parameters were measured. **Results** The study based on the Roy-Camille's method showed one percent chance of injury on the facet joint and the safe margin of the screw to be $10.2 \pm 1.6\text{mm}$. On the other hand, Magerl's method showed the safe margin of screw to be $12.1 \pm 1.6\text{mm}$ which is slightly larger than that of Roy-Camille's method. No chance of facet injury occurred. A reduced lateral angle of screw($19.6 \pm 3.5^\circ$) performed with the concept based on Magerl's method resulted a longer depth of screw($13.3 \pm 2.1\text{mm}$), and is to be clinically safer. This study also showed the average cephalized sagittal angle of screw to be $43.9 \pm 4.5^\circ$, and being increased on lower cervical level. The width and length of lateral mass was $10.1 \pm 0.8\text{mm}$, $12.0 \pm 2.9\text{mm}$. Both the Roy-Camille and Magerl's methods seemed to be clinically safe to Koreans. The measured interval of screw was $16.8 \pm 2.0\text{mm}$, however, there was a large deviation depending on individuals. **Conclusion** The depth of screw being smaller compared to other studies, leads to the conclusion that attention should be paid on the depth and interval of screw when applying the Posterior Cervical Fusion methods with the plate-screw system applied to the lateral mass of cervical spine to practice.

Key words: Posterior Cervical Fusion, Plate-screw system, Lateral mass

서론

경추의 불안정성의 원인으로는 외상, 광범위한 척추 후궁 절제술 후, 종양에 의한 경추 골 조직의 파괴 등을 들 수 있다.¹⁻⁷⁾ 이러한 경추의 불안정성을 치료하는데 있어 주목적은 경추의 해부학적인 정렬 유지, 경추의 유합 및 이에 따른 조기 재활 치료 등

이라 할 수 있다. 불안정성을 치료하는 여러 수술 방법 중 자주 사용되는 것이 후방 고정술이다.^{4,7-9)}

경추의 후방 고정술의 종류에는 여러 가지가 있다. 초기에는 주로 극돌기간 철사 고정술(interspinous wiring)이 사용되었으나¹⁰⁾ 이후 몇 가지 이유로 인하여 금속판과 나사못(plate-screw)을 이용한 고정술도 사용되었다. 그 이유로는 극돌기간 철사 고정술은 외상에 의한 골절과 후궁 절제술 후와 같이 극돌기가 없거나 손상 당하여 극돌기간 철사 고정술로는 해결하기 힘든 경우가 많기 때문이다.^{4,8,11,12)} 또한 여러 개의 경추가 손상되었거나 침범 범위가 큰 종양 등으

교신저자: 김 승 민
TEL: 051-990-6465 · FAX 051-248-2939
E-mail: nsksm@ns.kosinmed.or.kr

로 인해 여러 개의 경추를 고정시킬 필요가 있을 경우에도 금속판과 나사못을 이용한 고정술이 유리하다고 할 수 있다.^{4,8,11-14)} 따라서 금속판과 나사못을 이용한 경추 후방 고정술의 수술 기법이나 수술시 해부학적으로 고려해야할 점등에 관한 많은 연구가 행해졌다. 그 중 Roy-Camille의 방법과 Magerl의 방법이 대표적이라 할 수 있다. 본 연구에서는 이 두 가지 방법으로 금속판과 나사못을 이용한 경추 후방 고정술시 해부학적으로 고려해야할 점에 대해 경부의 일반 방사선 촬영 및 컴퓨터 단층 촬영(CT)을 바탕으로 알아보고 또한 현재까지 외국에서 발표된 논문에서의 수술 방법들이 한국인의 체형에도 적합한지를 실제 몇 가지 수치들을 직접 측정하여 비교, 분석하려 한다.

연구대상 및 방법

20대의 성인 10명을 대상으로 하였다. 임상적으로 경부 통증이 전혀 없으며 경부에서 기인 할 수 있는 신경학적 증상도 전혀 없는 사람을 대상으로 하였다. 또한 일반 경추 방사선 촬영에서 문제가 없는 경우를 대상으로 하였다. 경추 일반 방사선 촬영은 자연스러운 기립자세로 하였으며 컴퓨터 단층 촬영(CT)은 수술 시와 비슷한 조건을 맞추기 위해 엎드린 체중립의 자세로 시행하였다. 컴퓨터 단층 촬영은 1.5mm 간격으로 제 3경추에서부터 제 7경추까지 행하였으며 Roy-Camille의 방법과 Magerl의 방법의 두 가지 경우에서 각각 촬영하여 비교하였다(Fig. 1). 단층 촬영시의 촬영각도 또한 Roy-Camille의 방법에서는 경추 후면을 연결한 선에 수직이 되게 촬영하였고 Magerl의 방법에서는 상방 관절면(superior articular surface)에 평행하게 촬영하였다(Fig. 2). 골조직을 잘 볼 수 있는 방법(bone setting)으로 현상하여 lateral mass의 크기, 나사못의 삽입 시작 지점을 각각의 방법에서 측정하였다. 나사못이 위치할 삽입 시작 지점은 Roy-Camille의 방법에서는 lateral mass의 상하 좌우 정 중앙으로 하였으며 Magerl의 방법에서는 정 중앙에서 내측(medial)으로 1mm, 상방(superior)으로 1mm 떨어진 곳으로 하였다. 나사못이 위치할 방향의 외측각(lateral angle)은 Roy-Camille의 방법에서는 10°, Magerl의 방법에서는 25°로 하였으며 실제 나사못이 골 조직에 위치할 깊이

(depth)도 측정하였다. 아울러 Magerl의 방법에서는 depth를 더 깊게 할 수 있는 가상의 최적 각도 또한 측정하였다. Roy-Camille, Magerl의 방법으로 각각 100가지 경우에서 나사못의 예상 위치를 확인하였고 척추 동맥(vertebral artery), 경추강(spinal canal)의 위치와도 비교, 분석하였다.

결과

먼저 한국인에 있어 lateral mass의 크기는 가로 폭(width)이 $10.1 \pm 0.8\text{mm}$, 세로 길이(length)가 $12.0 \pm 2.9\text{mm}$ 인 것으로 나타났다(Table 1). 나사못이 위치할 깊이(depth)는 Roy-Camille의 방법에서 $10.2 \pm 1.6\text{mm}$, Magerl의 방법에서 $12.1 \pm 1.6\text{mm}$ 정도로 Magerl의 방법에서 더 큰 것을 보였다(Table 2). 하지만 Roy-Camille의 방법에서는 제 7경추에서의 나사못의 depth가 다른 부위에 비해 차이 있게 작았으며, 총 100개의 나사못의 예상 경로 중 한 경우에서 척추관 관절(facet joint)의 손상을 예상할 수 있었다(Fig. 2).

Magerl의 방법에서 나사못이 향할 외측각(lateral angle)을 원래 방법대로라면 25도로 하나 본 연구에서는 Magerl의 변형 방법으로 CT상에서 척추 동맥에 손상이 가지 않으며 depth를 최대화 할 수 있는 이상적인 외측각도(ideal lateral angle)를 추가로 측정해 본 결과 $19.6 \pm 3.5^\circ$ 정도였으며 이렇게 측정한 깊이는 $13.3 \pm 2.1\text{mm}$ 로 원래 방법으로 측정한 것($12.1 \pm 1.6\text{mm}$)보다 큰 결과를 보였다(Table 3). 또한 시상면(sagittal plane)에 대해 나사못이 이루는 각도를 측정한 결과 경추 각각의 부위별로 차이를 보였으며 하부 경추로 갈수록 큰 것으로 나타났다(Table 4). 평균값은 $43.9 \pm 4.5^\circ$ 였다. 물론 이 각도는 척추 후면을 연결한 선에 대한 직각인 값, 즉 Roy-Camille의 나사못 진행 방향에 대한 것이다.

다음으로 나사못이 삽입될 시작 지점간의 거리(interval)는 $16.8 \pm 2.0\text{mm}$ 정도였으며 개인마다 비교적 큰 차이를 보였다(Table 5).

마지막으로 발견할 수 있었던 점은 제 3경추에서 제 7경추에까지 모든 경우에서 경수(spinal cord)가 위치하는 경추강(spinal canal)이 나사못의 삽입 시작 점은 보다 내측(medial)에 위치하였으며 또한 제 7경추를 제외한 나머지 경추에서 척추 동맥이 위치하는 추간공(vertebral foramen) 역시 바로 전방 내지는 내

측에 위치함을 알 수 있었다(Fig. 4).

고찰

현재 널리 알려진 금속판과 나사못을 이용한 경추 후방 고정술의 방법으로는 Roy-Camille의 방법, Magerl의 방법, An et al¹⁵⁾의 방법이 대표적이라 할 수 있다. 그 외에도 이들의 방법을 조금씩 변형시킨 수술법도 보고된바 있다. 각각의 수술 방법과 수술 후 문제점, 합병증에 대한 많은 연구가 있지만 수술 후 감염, 경추 불유합율, 구조물의 불안정성(system failure) 등에는 별 차이가 없었으며 일어날 확률 자체도 아주 낮은 것으로 보고되었다.¹⁶⁻²¹⁾ 하지만 나사못이 위치할 인접부위의 해부학적인 구조물에 의한 합병증 발생률에 대해서는 저자에 따라 각각의 수술 방법에 차이를 보고한 연구도 있다.²²⁻²⁷⁾ 대체로 Roy-Camille의 방법에서는 척추간 관절(facet joint)의 손상이, Magerl의 방법에서는 경추 신경근(root)의 손상이 보고되고 있다.^{23,24)}

금속판과 나사못을 이용한 경추 후방 고정술시 가장 조심해야할 해부학적인 구조물로는 척추동맥(vertebral artery), 경수(cord) 및 경추 신경근(root), 척추간 관절(facet joint)등이 있으며 각각의 수술 방법들은 이 구조물들에 손상을 최소화하는데 많은 염두를 두고 있다. 대부분의 보고에서 여러 수술 방법 중 경수 및 척추 동맥의 손상에 의한 합병증에 대한 언급은 없었다. 본 연구에서도 경수와 척추 동맥의 손상은 없을 것으로 예상할 수 있었다. 그 이유로는 첫째, 결과에서 보듯이 경수는 나사못이 삽입될 위치보다 내측(medial)에 있으므로 나사못 삽입 방향이 외측(lateral)인 면을 고려하면 경수의 손상은 없을 것이라 예상할 수 있었다. 둘째로 나사못이 삽입되는 시작점 자체가 제 3경추에서 제 6경추까지 모든 경우에서 척추 동맥이 지나가는 추공(vertebral foramen)과 비교하여 정 후방 내지는 외측 후방에 위치하고 있었다.^{28,29)} 또한 나사못 삽입 시 모든 방법이 외측 전방을 향하므로 본 연구 결과만으로도 척추 동맥의 손상은 희박하다고 결론 내릴 수 있다. 제7경추에 있어서는 본 연구 결과만으로도 척추 동맥의 위치를 CT에서 정확히 알 수 없으므로 마찬가지로 말할 수는 없으나 최소한 나사못이 전방 골 표면을 지나치지 않는 한 역시 척추 동맥의 손상은 안심할 수 있

다. 이점에 대해서는 사체를 대상으로 후방에서 척추 동맥과 경추 신경근을 직접 관찰한 Rongming 등²⁸⁾의 연구에도 일치한다.

하지만 경추 신경근이나 척추간 관절의 손상에 관한 예는 일부에서 보고된 바 있다. 특히 Magerl의 방법에서는 경추 신경근의 손상이 좀 더 많으며 Roy-Camille의 방법에서는 척추간 관절의 손상이 많다는 보고도 있다.^{23,24)} 경추 신경근에 대한 손상 가능성의 여부는 본 연구에서 사진 상으로 직접 알 수는 없었다. 그러나 Rongming 등²⁸⁾이 보고한 문헌을 토대로 경추 신경근의 위치를 예상하면 즉 상방 관절돌기(superior articular process)의 외측상방 경계에서 외측 전방에 위치하게 되므로 magerl의 방법에서 나사못의 삽입 방향이 과도하게 외측을 향하며 깊이(depth)가 깊어 골 표면의 전방을 뚫지 않는 한 안전하다 할 수 있다. 또한 Roy-Camille의 방법에서는 나사못의 삽입 시작점이 너무 낮아 척추간 관절(facet)에 손상을 가함과 동시에 외측으로 과도하게 향하면서 역시 골 표면의 전방을 뚫지 않는 한 안전하다 할 수 있다.^{15,22,23,30)} 본 연구에서는 CT사진 상가상으로 척추간 관절에 손상을 예상할 수 있는 경우(Fig. 2)가 Roy-Camille의 방법에서 총 100개의 나사못 중 제 7경추 1개(1%)에서 관찰되었다. 1-2% 미만이라는 다른 저자들의 연구 결과에 비하면 비슷한 비율이라 여겨진다. 아무튼 한국인을 대상으로 한 본 연구 결과에서도 경추 신경근, 척추 동맥의 손상은 거의 없을 것이라고 예상할 수 있었으며 척추간 관절의 손상 가능성은 Roy-Camille의 방법에서 특히 하부 경추에서 있을 수 있다는 것도 예상할 수 있었다.^{23,24)} 다음으로 여러 수술 방법으로 척추 후방 고정술을 시행한 경우에서 수술 후의 실제 나사못의 방향과 길이 등을 보고한 자료와 정상 한국인을 대상으로 한 본 연구에서의 여러 측정치를 비교 분석하였다.

먼저 Roy-Camille의 방법으로 외국에서 발표된 수치와 비교해 보면 다음과 같다. 먼저 본 연구에서는 CT상에서 나사못의 시작점을 원래 방법대로 lateral mass의 상하 좌우 정 중앙으로 하였다. 촬영한 단면 사진은 Roy-Camille의 방법에서 시상면(sagittal plan)에서의 나사못이 실제로 지나게 될 단면이 되게 하기 위해 촬영 시 CT각도를 경추 각각 부위에서 척추 후면을 연결한 선에 직각이 되게 하

여 촬영하였다(Fig. 1). 사진 상에서 나사못이 향할 외측 방향각과 실제 나사못이 lateral mass 내에 위치할 깊이(depth)를 측정하여 비교한 결과, 외측각 역시 원래 방법대로 10° 정도가 가장 적당하였으며 더 이상 depth를 깊게 하기 위한 이상적인 각은 구할 수 없었다.^{9,13,25)} depth는 $10.2 \pm 1.6\text{mm}$ 정도였으며 Ebraheim NA 등³¹⁾이 제3경추에서 제6경추에서 14-15mm, 제 7경추에서 13.8mm라고 발표한 것과는 차이가 있었다.

다음으로 Magerl의 방법으로 발표된 수치와 비교해 보았다. 먼저 나사못이 시상면(sagittal plane)에 대해 위치할 각도 즉, 상방 관절 돌기에 평행한 각도는 45° 정도로 알려져 있으며 본 연구결과에 따르면 척추 후방을 연결한 선에 직각(Roy-Camille의 방법에서 나사못의 진행 방향)인 선에 대해 $43.9 \pm 4.5^\circ$ 며 각 부위별로 살펴보면 하부 경추로 갈수록 큰 것을 알았다.^{15,22,23,30)} 즉 하부 경추로 갈수록 나사못의 시상각(sagittal angle)을 크게 유지해야 할 필요가 있음을 말한다. CT상에서 나사못의 시작점은 원래 방법대로 lateral mass의 상하 좌우 정 중앙에서 내측(medial)으로 1mm, 상방으로 1mm 떨어진 점으로 하였다. 촬영한 단면 사진은 Magerl의 방법으로 시상면에서의 나사못이 실제로 지나게 될 단면이 되게 하기 위해 촬영 시 CT각도를 상방 관절 돌기에 평행하게 하여 촬영하였다(Fig. 1). 외측각은 원래 방법대로라면 25° 로 하였으나,²⁵⁾ 본 연구에서는 Magerl의 변형 방법으로 CT상에서 척추 동맥에 손상이 가지 않으며 depth를 최대화 할 수 있는 이상적인 외측각도(ideal lateral angle)를 추가로 측정해 보았다. Depth를 최대화 할 수 있는 외측각(ideal lateral angle)의 평균은 19.6° 정도로 원래 방법대로의 25° 와는 차이를 보였다. 평균 depth 또한 외측각을 25° 로 했을 경우의 $12.1 \pm 1.6\text{mm}$ 였으며 depth를 최대화 할 수 있는 이상적인 외측각으로 측정했을 경우 $13.3 \pm 2.1\text{mm}$ 로 차이를 보였다. 따라서 한국인을 대상으로 magerl의 방법으로 수술할 경우에 외측각에 대해 오히려 20° 정도로 낮추는 것이 효과적이라 할 수 있다는 결론을 얻었다. 하지만 나사못의 depth 자체는 Ebraheim NA 등³¹⁾ 외국에서 발표한 15-16mm와 비교하면 두 방법 모두 역시 작은 면을 보였다.

나사못의 depth 자체만을 고려해 본다면 값이 클

수록 수술 후 안정성을 기대할 수 있으나 전방 골 표면을 지나칠 경우 경추 신경근이나 척추 동맥의 손상을 가져올 확률이 커진다.^{25,30)} 따라서 이 두 가지 구조물에 손상이 가지 않는 범위 내에서 최대한 값을 유지할 수 있는 방법이 가장 이상적이라 하겠다. 본 연구에 따르면 한국인에 있어 나사못의 평균 depth는 Roy-Camille와 Magerl의 방법, 모두에 있어 외국에서 발표된 값에 비해 작다고 할 수 있다.

따라서 한국인을 대상으로 수술시 나사못의 길이의 선택에 있어 신중해야 할 필요를 느낀다. 이 점에 있어서 다른 변수로 작용할 수 있는 점을 든다면 첫째로 한국인의 경추 자체가 외국인에 비해 작을 수 있다는 것과 둘째로 본 연구의 측정값은 CT상의 값이며 실제 사체를 대상으로 측정한 값과는 lateral mass주위의 연부 조직 등을 고려할 때 차이가 있을 수 있다는 것이다. 아무튼 수술시 사용할 나사못의 길이 선택 시 고려해야 할 점이라 하겠다.

다음으로 본 연구에서 알 수 있었던 것은 제 7경추의 특징이었다.^{22,24,32,33)} 일부에서 Fig. 3에서 보듯이 제 7경추는 흉추로 이행하는 중간 단계로 모양 자체가 상부의 경추와는 판이하였다. 첫째, lateral mass 상하 길이가 상부 경추에 비해 작았으며(Table1), 측정한 Roy-Camille의 방법으로 나사못의 depth도 작았다(Table2). 따라서 나사못 삽입 시 상대적으로 척추간 관절의 손상의 확률이 커 보였다. 둘째로 시상면에서 비교할 때 상방 관절 돌기의 각도 자체도 Table 4에서와 같이 상부 경추에 비해 의미 있게 큰 것으로 보였다. 따라서 Magerl의 방법으로 수술할 경우 더 많은 각도를 유지해야 할 필요를 알았다. 셋째, lateral mass와 경추 후궁과의 경계가 뚜렷치 않으며 후방에서 접근시 경사가 급하며 나사못 삽입 방향 즉, 외측방향과 상반되어 수술시 어려움이 있을 것으로 사료되었다. 이상의 사항을 고려할 때 일부 환자에서는 제 7경추에 있어 흉추에서 시행하는 척추경(pedicle) 나사못등 다른 방법이 유용할 수도 있다고 생각해 본다.^{22,24,32,33)}

마지막으로 언급할 내용은 중요하게 보고 된 바는 드물지만 나사못 삽입 시 시작 지점간의 거리에 대한 내용이다. 나사못간의 간격을 살펴보면 $16.8 \pm 2.0\text{mm}$ 로 측정되었으며 사람마다 차이를 보였다(Table 5). 환자의 수술시 실제 경추의 체위는 각각의 경우마다 차이는 있을 수 있다고 생각되며 실제

개인에 따른 차이가 있음을 보고한 논문도 있다.²⁴⁾ 본 연구에서도 사람마다 차이를 보였으며 이러한 점을 고려한다면 이 값이 절대적인 수치라고 말할 수는 없지만 고정판(plate)의 구멍(hole)의 간격에 맞아야 함으로 고정판의 설계에 있어서는 반드시 고려해야 할 사항이라 생각된다.

Table 1. Size of lateral Mass

Level	Width			Length		
	Mean(mm)	±	SD(mm)	Mean(mm)	±	SD(mm)
C3	10.0	±	0.5	12.1	±	2.4
C4	9.9	±	0.9	11.9	±	2.6
C5	10.8	±	1.1	13.4	±	4.5
C6	10.4	±	0.5	12.3	±	3.5
C7	9.7	±	1.1	10.5	±	1.5
Total	10.2	±	0.8	12.0	±	2.9

Table 2. Depth of screw on Roy-Camille and Magerl's Method

Level	Roy - Camille			Magerl		
	Mean(mm)	±	SD(mm)	Mean(mm)	±	SD(mm)
C3	10.8	±	0.9	11.0	±	0.9
C4	10.7	±	1.7	12.7	±	1.7
C5	10.7	±	1.5	11.8	±	1.5
C6	10.0	±	2.6	12.6	±	2.6
C7	9.0	±	1.5	12.6	±	1.5
Total	10.2	±	1.6	12.1	±	1.6

Table 3. Ideal depth and lateral angle of screw on Modified Magerl's Method

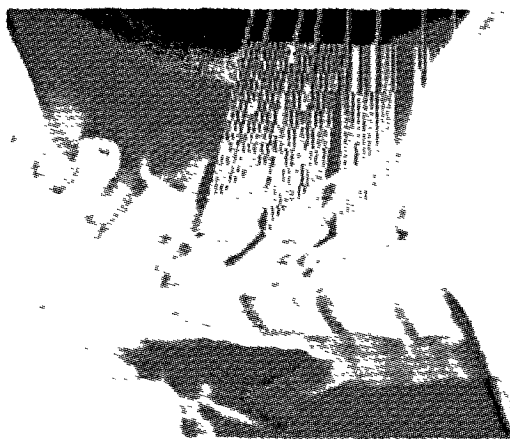
Level	Ideal Depth			Ideal Angle		
	Mean(mm)	±	SD(mm)	Mean(degree)	±	SD(degree)
C3	12.2	±	1.2	19.4	±	3.5
C4	14.3	±	2.1	19.0	±	3.8
C5	12.9	±	2.0	20.2	±	3.0
C6	14.0	±	3.6	18.1	±	3.2
C7	13.1	±	1.6	21.1	±	3.9
Total	13.3	±	2.1	19.6	±	3.5

Table 4. Interval of screw

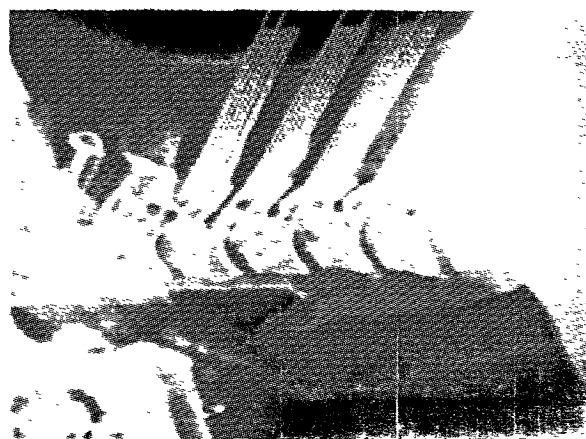
level	Mean(mm)	±	SD(mm)
C3-4	15.9	±	1.6
C4-5	19.3	±	1.6
C5-6	16.7	±	2.0
C6-7	15.3	±	3.1
Total	16.8	±	2.1

Table 5. Sagittal Angle of screw on Magerl's Method

Level	Mean(degree)	±	SD(degree)
C3	41.0	±	2.8
C4	39.0	±	5.1
C5	42.8	±	4.5
C6	46.8	±	6.1
C7	50.2	±	4.2
Total	44.0	±	4.5



A



B

Fig. 1. Scout CT films based on Roy-Camille(A) and Magerl(B)'s method.

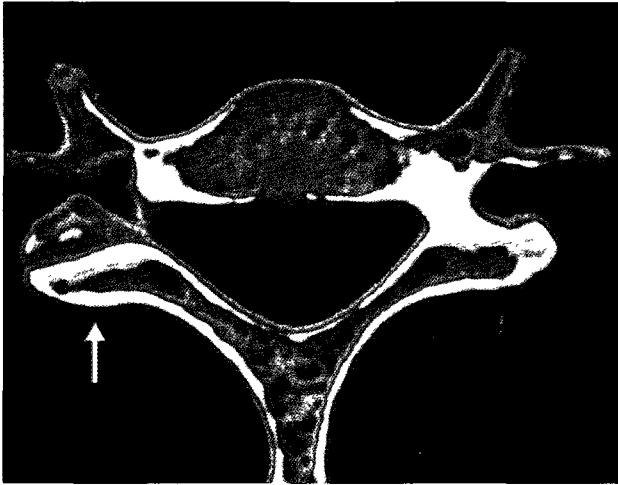


Fig. 2. CT scan based on the Roy-Camille's method shows a slice of C7 on the level of screw entry point. The arrow indicates possibility of injury on facet.

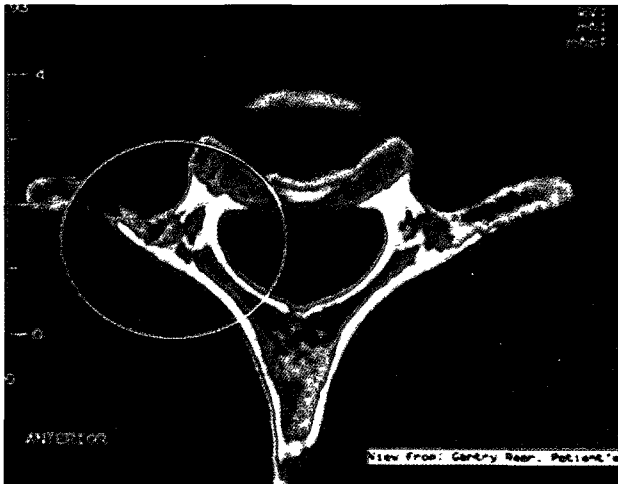


Fig. 3. CT scan shows the characteristic of C7. Lateral mass is thin and has acute posterior angle.

결론

경추 후방 고정술에 있어 한국인을 대상으로 경추의 일반 방사선 촬영과 CT 촬영 결과를 이용하여 Roy-Camille와 Magerl의 방법을 적용해 볼 때 큰 무리는 없었다. 하지만 몇 가지 고려해 볼 점은 나사못의 실제 깊이(depth)가 서양인에 비해 작다는 것과 Magerl의 방법에서 나사못의 깊이를 크게 하기 위해 외측각(Lateral angle)을 20도 정도로 유지하는 것이 이상적이라 할 수 있다는 점이였다. 아울러 나사못 삽입 지점간의 거리까지 염두에 둔다면 더 이상적인

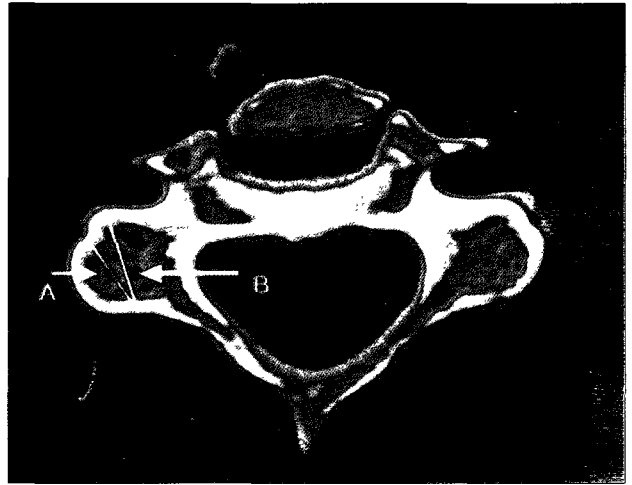


Fig. 5. A. The theological trajectory of screw with lateral angle of 25 degrees based on Magerl's method. B. The theological trajectory of screw with maximal depth (The lateral angle was smaller than 25 degrees.)

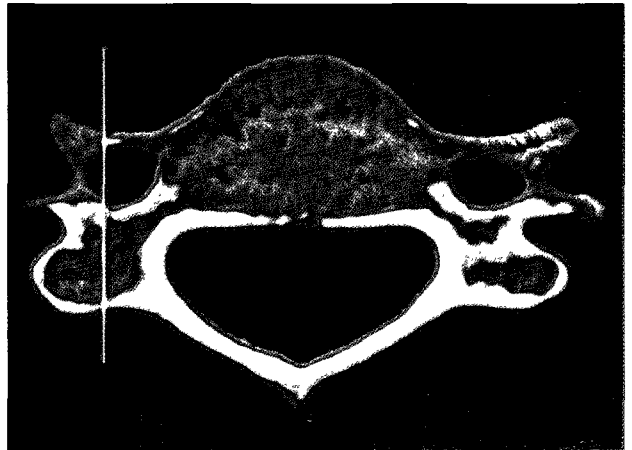


Fig. 4. A. Vertebral foramina of C4 are situated medial to the posterior center of lateral mass(screw entry point). B. Vertebral foramina of C6 are situated anterior to the posterior mid-point of the lateral mass.

수술이 될 것이다. 앞으로 이상의 점을 토대로 한 실제 수술 후 임상 연구도 기대해 볼 만한 가치가 있다고 생각된다.

참고문헌

1. Borne G, Bedou G, Pinaudeau M, El Omeiri S, Cristino G: Treatment of severe lesions of the lower cervical spine(C3-C7). A clinical study and technical considerations in 102 cases. *Neurorhirurgia(Stuttg)* 31:1-13, 1998
2. Cherney WB, Sonntag VKH, Douglas RA: Lateral mass posterior plating and facet fusion for cervical instability. *Barrow Neurological Institute Quarterly* 7:2-11, 1991
3. Cooper PR, Cohen A, Roseiello A, Koslow M: Posterior stabilization of cervical spine fractures using plates and screws. *Neurosurgery* 23:300-306, 1988
4. Ebraheim NA, An HS, Jackson T, Brown J: Internal fixation of the unstable cervical spine using posterior Roy-Camille plates. Preliminary report. *J Orthop Trauma* 3:23-28, 1989
5. Fehlings MG, Cooper PR: Posterior plates in the management of cervical instability. Long-term results in 44 patients. *J Neurosurg* 81:341-349, 1994
6. Honnart F, Patel A, Furno P: Fractures of cervical spine with neurological lesion treated by reduction and fixation with plates. *Ann Acad Med Singapore* 11:186-193, 1982
7. Nazarian SM, Lorus RP: Posterior internal fixation with screw plates in traumatic lesions of the cervical spine. *Spine* 16(Suppl): S64-S71, 1991
8. Anderson PA, Henley MB, Grady MS, Montesano PX, Winn HR: Posterior cervical arthrodesis with AO reconstruction plates and bone graft. *Spine* 16(Suppl): S72-S79, 1991
9. Roy-Camille R, Saillant G, Laville C, Benazet JP: Treatment of lower cervical spinal injuries-C3 to C7. *Spine* 17(Suppl):S442-S446, 1992
10. Schlicke LH, Schulak DJ: Wiring of the cervical spinous process. *Clin Orthop* 154:319-20, 1981
11. Bryan John Wellman, Kenneth A.Follett, Vincent C.Traynelis: Complications of posterior articular mass plate fixation of the subaxial cervical spine in 43 consecutive patients. *Spine* 23:193-200, 1998
12. Dominella G, Berlanda P, Bassi G: Posterior approach osteosynthesis of the lower cervical spine by the R. Roy-Camille technique. *Ital J Orthop Traumatol* 8:235-244, 1982
13. Roy-Camille R, Saillant G, Mazel C: Internal fixation of the unstable cervical spine by a posterior osteosynthesis with plates and screws. In: Sherk HH, Dunn HJ, Eismont FJ, et al, eds. *The cervical spine*. 2nd ed. Philadelphia: JB Lippincott, Inc, 1989, 390-404
14. Savini R, Parsini P, Cervellati S: The surgical treatment of late instability of flexion-rotation injuries in the lower cervical spine. *Spine* 12:178-182, 1987
15. An HS, Gordin R, Renner K: Anatomic considerations for plate-screw fixation of the cervical spine. *Spine* 16(Suppl): S548-S551, 1991
16. Ebraheim NA, Hoefflinger MJ, Salpietro B, Chung SY, Jackson WT: Anatomic consideration in posterior plating of the cervical spine. *J Orthop Trauma* 5:196-199, 1991
17. Coe JD, Warden KE, Sutterlin CE: Biomechanical evaluation of cervical spine stabilization methods in human cadaveric model. *Spine* 10:1122-1131, 1989
18. Pait TG, McAllister PV, Kaufman HH: Quadrant anatomy of the articular pillars(lateral cervical mass) of the cervical spine. *J Neurosurg* 82:1011-1014, 1995
19. Sutterlin CE, McAfee PC, Warden KE, Rey RM, Forey ID: A biomechanical evaluation of cervical spinal stabilization methods in a bovine model. *Spine* 13:795-802, 1988
20. Traynelis VC: Anterior and posterior plate stabilization of the cervical spine. *Neurosurg Q* 2:59-76, 1992
21. Ulrich C, Worsdorfer O, Klaff R, Claes L, Wilke HJ: Biomechanics of fixation systems to the cervical spine. *Spine* 16(Suppl):S4-S9, 1991
22. Angus W.Graham, Michael L.Swank, Richard E.Kinard: Posterior cervical arthrodesis and stabilization with a lateral mass plate. *Spine* 21:S323-329, 1996
23. Heller JG, Carlson GD, Arbitbol J: Anatomic comparison of the Roy-Camille and Mageral techniques for screw placement in the lower cervical spine. *Spine* 16(Suppl): S552-S559, 1991
24. Howard S.An, Raylene Gordin, Kenneth Renner: Anatomic considerations for plate-screw fixation of the cervical spine. *Spine* 16:S548-S551, 1991
25. Jack Choueka, Jeffrey M, Fredrick J.Kummer: Flexion failure of posterior cervical lateral mass screws. *Spine* 21:S462-S468, 1996
26. Roy-Camille R: Methods of osteosynthesis with posterior screw plates. In: Laurin CA, Riley LH, Roy-Camille R, eds. *Atlas of Orthopaedic Surgery*. Chicago, Yearbook Medical Publishers, vol.1, 1989, 373-376
27. Roy-Camille R, Mazel C, Laville C. Roy-Camille: posterior screw plate fixation for cervical, thoracic, lumbar spine and sacrum. In: An HS, Cotler JM, eds. *Spinal Instrumentation*. Baltimore, Williams and Wilkins, 1992, 167-187
28. Rongming Xu, Nabil A. Ebraheim, Matthew C: The location of the cervical nerve roots on the posterior aspect of the cervical spine. *Spine* 20:2267-2271, 1995
29. Smith MD, Anderson P, Grady MS: Occipitocervical arthrodesis using contoured plate fixation. *Spine* 18:1984-90, 1993

30. Montesano PX, Jonsson H: Anatomic and biomechanical study of posterior cervical spine plate arthrodesis. An evaluation of two different techniques of screw placement. J Spinal Disord 5:301-305, 1992
31. Ebraheim NA, Klausner T, Xu R, Yeasting RA: Safe lateral-mass screw lengths in the Roy-Camille and Magerl techniques. An anatomic study. Spine 23(16):1739-1742, 1998
32. Ulrich C, Worsdorfer O, Claes L, Magerl F: Comparative study of the stability of anterior and posterior cervical spine fixation procedures. Arch Orthop Traum Surg 106:226-231, 1987
33. Xu R, Hamam SP, Ebraheim NA: The anatomic relation of lateral mass screws to the spinal nerves. A comparison of the Magerl, Anderson, and An techniques. Spine 24:19:S2057-S2061, 1999