대한척추외과학회지 제 13 권 제 2 호
Journal of Korean Spine Surg.
Vol. 13, No. 2, pp 75-80, 2006

관절하 나사: 제 2 경추 나사의 새로운 궤도

염진섭 · 원종화 · 박성규* · 권윤주 · 유승민 · 안영희 · 정재윤 · 이지호 · 장봉순 · 이춘기

서울대학교 의과대학 정형외과, 원광대학교 의과대학 정형외과*

The Subarticular Screw: a New Trajectory for the C2 Screw

**Jin Sup Yeom, M.D., Jong Hwa Won, M.D., Seong Kyu Park, M.D.*,
Yoon Ju Kwon, B.S., Seung Min Yoo, B.S., Young Hee An, R.N., Jae Yoon Chung, M.D.,
Ji-Ho Lee, M.D., Bong Soon Chang, M.D. and ChoonKi Lee, M.D.**

Departments of Orthopaedic Surgery, Seoul National University College of Medicine, Seoul, Korea
*Department of Orthopaedic Surgery, Wonkwang University School of Medicine, Iksan, Korea**

– Abstract –

Study design: Surgical simulation using CT images and computer software.
Objectives: We wanted to determine a new trajectory for the C2 screw, and then we wanted to evaluate its safety and accuracy.
Summary of Literature Review: There have been a few suggestions for trajectories of the C2 pedicle screws. However, their safety is somewhat unsatisfactory as all of them have some possibility of vertebral artery injury.
Materials and Methods: Using 1 mm-sliced CT scan images of 158 patients and an A-view spine surgery simulator 1.0, we determined a new trajectory for the C2 screw with which 4.0 mm screws can be inserted with a minimal number of breaches of the bone cortices. The percentage of cortical perforations by the suggested trajectory was compared with that by the pedicle screws by means of simulation.
Results: The medial angulation of the determined trajectory is the same as that of the pedicle on the axial CT images: it usually is between 30 and 40 degrees. The screw is angled toward the antero-superior end of the superior articular process of C2, as observed on lateral fluoroscopy. The entry point is 3 mm inferior to the posterior aspect of the superior articular surface, and this point should allows the screw (ED note: check this and it wasn't clear)the screw to be inserted close to the superomedial border of the superior articular process. Using this trajectory, 2.5% (8/316) of the screws breached the vertebral grooves, while 6.0% (19/316) of the pedicle screws breached them (p=0.030, chi-square test).
Conclusions: The subarticular screw has improved safety compared with the pedicle screws. However, there are still some cases in which screws can not be inserted without breaching the vertebral groove. Therefore, preoperative thin-slice CT scanning with three-dimensional reconstruction and/or three-dimensional CT-angiography is recommended.

Key Words: C2 screw fixation, Subarticualr screw, Trajectory, Computer simulation

Address reprint requests to
Jong Hwa Won, M.D.
Department of Orthopaedic Surgery, Seoul National University Bundang Hospital
300, Goomi-Dong, Bundang-Ku, Sungnam, Gyungki-do, 463-707, Republic of Korea
Tel: 82-31-787-7190, Fax: 82-31-787-4056, E-mail: seiswon@naver.com
* 본 논문의 요지는 2005년도 대한정형외과학회 추계학술대회에서 발표되었음.
* 이 논문은 2005년도 분당서울대학교병원 일반연구비(02-05-012) 지원에 의해 이루어진 것임.

서 론

제 2 경추 척추경 나사는 제 2 경추의 대표적인 분절 나사(segmental screw)이다. 이 나사의 삽입 궤도(삽입점과 삽입각)에 대한 몇 가지 제안이 있기는 하나[1-6], 이들은 삽입 궤도에 대한 기술이 다소 불명확하거나 실제로 따라하기 어려워서, 초심자들에게는 상당히 어려운 궤도라고 할 수 있다. 이에 저자들은 경추의 1 mm 간격 전산화단층촬영 영상을 수술 시뮬레이션 프로그램을 이용하여 3차원 재구성한 후, 이들을 이용하여 시뮬레이션하여 결정한 제 2 경추 척추경 나사의 적정 궤도를 제안한 바 있다[7]. 저자들이 아는 한, 저자들이 제안한 궤도는 가장 안전하고 삽입하기 쉬운 궤도이다. 그러나 이 궤도를 이용한다고 해도 척추경 수를 기준으로는 6.3%(16/256), 환자 수 기준으로는 9.4%(12/128)에서 척추경의 외하방 피질골, 즉 척추 동맥구(vertebral artery groove)의 천공이 발생하여, 척추동맥 손상의 가능성을 가지고 있음을 보고한 바 있다[7]. 본 연구에서는 보다 안전한 제 2 경추 나사 궤도(관절하 나사)를 제안하고 그 안전성을 분석하고자 본 실험을 시행하게 되었다.

연구대상 및 방법

1. 연구 대상

158명의 1 mm 간격 경추 전산화단층촬영 영상을 이용하였다. 이들 전산화단층촬영 영상들은 본 연구를 위해서 별도로 촬영한 것이 아니고, 본 연구실에 축적된 324 건의 1 mm 간격 경추 전산화단층촬영 영상들 중에서 1) 후두골에서 제 3 경추까지의 촬영 상태가 양호하고, 2) 동 부위에 수술 받기 전에 촬영하였으며, 3) 치아에 의한 금속성 인공음영(metal artifact)이 적거나 없어서 3차원 재구성에 문제가 없고, 4) 연령이 18세 이상인 환자들의 전산화단층촬영 영상만을 선정한 것이었다. 이들의 연령은 43.7±16.0세(범위 18~87세)이었으며, 남자가 98명, 여자가 60명이었다.

2. 연구 방법

1 mm 간격 축상면 전산화단층촬영 영상을 A-view spine simulator 1.0을 이용하여 3차원 재구성한 후, 나사 삽입 시뮬레이션을 시행하였다. 시뮬레이션 소프트웨

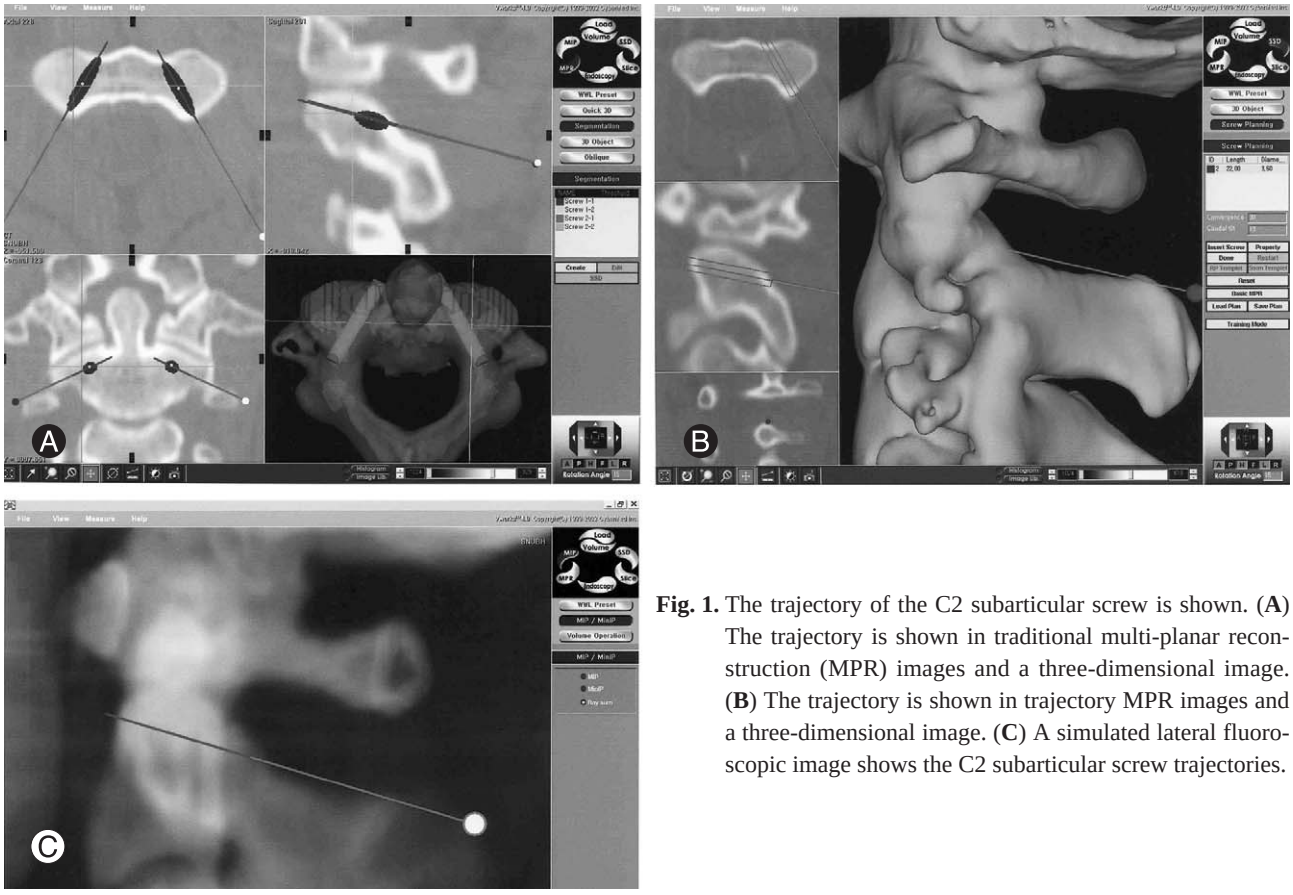

Fig. 1. The trajectory of the C2 subarticular screw is shown. (**A**) The trajectory is shown in traditional multi-planar reconstruction (MPR) images and a three-dimensional image. (**B**) The trajectory is shown in trajectory MPR images and a three-dimensional image. (**C**) A simulated lateral fluoroscopic image shows the C2 subarticular screw trajectories.

어는 3차원 영상과 3가지 단면 영상(시상, 축상, 관상 면: traditional multi-planar reconstruction images)을 동시에 관찰하면서 수술을 시뮬레이션하는 기능을 가지고 있다(Fig. 1A). 이때 3가지 단면 영상의 방향을 전산화단층촬영 시의 축상면을 기준으로 하지 않고, 나사의 중심축을 기준으로 하여 실시간으로 변화하게(Fig. 1B) 할 수(trajectory multi-planar reconstruction)도 있다. 뿐만 아니라 시뮬레이션 도중 가상 C형 투시기(simulated C-arm fluoroscopy) 영상을 관찰할 수도 있다(Fig. 1C).

먼저, 일반적으로 3.5 mm 혹은 4.0 mm 나사를 삽입함을 고려하여, 4.0 mm 나사를 피질골 파괴(관통)을 최소화(신경, 척추동맥에 대한 손상도 최소화)하면서 삽입할 수 있는 최적의 나사 삽입 궤도(삽입점과 삽입각)를 설정하였다. 이 궤도의 설정은 제 1 저자에 의해서 시행되었다. 이 궤도는 기존의 문헌에서 발견된 모든 궤도[1,2,3,4,5,6]보다 상당히 근위부에 위치하고 있고, 척추경에 삽입한다기보다는 제 2 경추 상관절면의 직하부에 삽입한다고 하는 것이 옳기에 "관절하 나사(subarticular screw)"라고 명명하였다.

다음으로 상기 궤도 설정에 참여하지 않았던 저자들 중 3명이 총 158명의 전산화단층촬영 영상에 상기 궤도로 나사를 삽입하였다. 또한 기존의 척추경 나사 삽입궤도[7]로도 같은 방법으로 나사를 삽입하였다. 시뮬레이션 결과(나사의 궤도 벡터 및 삽입점, 크기에 관한 정보)를 별도의 프로젝트 파일로 저장하여, 언제든지 다시 열어볼 수 있도록 하였다. 피질골 파괴 여부를 일관되게 판단하기 위해서, 시뮬레이션에 참여하였던 3명의 저자들 중 한 사람이라도 피질골 파괴의 가능성이 있다고 판단한 환자들을 모아서 제 1 저자가 다시 시뮬레이션하여 피질골 파괴 여부를 최종 판정하였다. 본 연구에서 제안하는 관절하 나사와 기존 척추경 나사 삽입시 4.0 mm 나사로 피질골 파괴(관통)가 발생하는 분율을 각각 계산하여, 이들을 chi-sqaure test(SPSS for Windows 11.0)로 비교하였다.

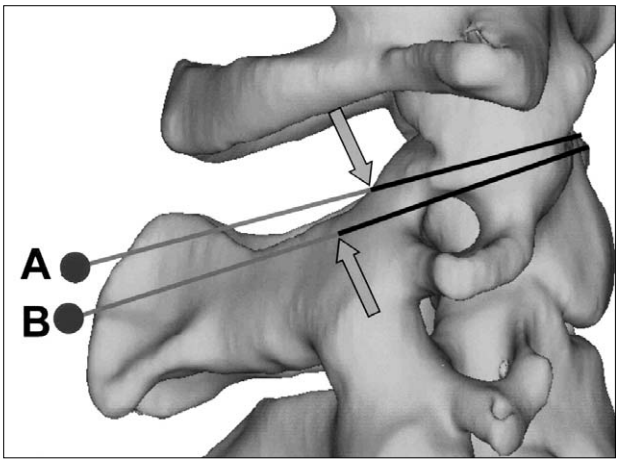

Fig. 2. Trajectories of the C2 subarticular screw (marked as "A") and the C2 pedicle screw (marked as "B") are shown. The arrows indicate the entry points of the screws. Because the entry point of the subarticular screw is superior to the pedicle screw, cortical breach at the vertebral artery groove can be frequently avoided with the former in cases in which the breach is inevitable with the latter.

결 과

1. 결정된 관절하 나사의 삽입 궤도

관절하 나사의 내향각은 CT의 축상면 상의 척추경의 내향각과 같게 정하도록 하였으며, 대부분 30~40도 사이였다(Fig. 1). 상향각은 C-형 투시기 측면상에서 제 2 경추 상관절 돌기의 전상부 끝점을 향하게 하도록 하였다. 삽입점의 시상면상의 위치는 제 2 경추 상관절 돌기의 후면으로부터 3 mm 하부로 정하였다. 삽입점의 관상면 상의 위치는 상기 내향각으로 나사 삽입 시 상관절 돌기의 상내측 피질골에 나사가 바짝 붙어서 삽입되게 하는 위치를 선정하도록 하였다.

2. 피질골 파괴의 발생 빈도

158례의 316측에서 시뮬레이션한 결과, 관절하 나사는 나사수 기준으로는 2.5%(8/316), 환자수 기준으로는 3.8%(6/158)에서 척추 동맥구(vertebral artery groove)의 천공을 발생시켰다. 천공이 발생한 6명의 환자 중 2명에서는 양측에 천공이 발생하였고, 나머지 4명의 환자에서는 일측에 천공이 발생하였다.

한편 척추경 나사는 나사수 기준 6.0%(19/316), 환자수 기준 9.5%(15/158)의 척추 동맥구 천공을 일으켰다. 천공이 발생한 15명의 환자 중 4명에서는 양측에 천공이 발생하였고, 나머지 11명의 환자에서는 일측에 천공이 발생하였다.

관절하 나사는 척추경 나사에 비하여 나사수 기준(p=0.030, chi-square test)으로나 환자수 기준(p=0.042, chi-square test) 모두 통계적으로 유의한 안전성(적은 척추 동맥구 천공)을 가지고 있었다.

고 찰

분절 나사(제 1 경추 외측괴 나사와 제 2 경추 척추경

나사)를 이용한 제 1~2 경추간 후방 고정술은 최근 Harms 등[4]과 Goel 등[3]이 보고한 술식으로, 기존의 경관절 나사 고정술(transarticular screw fixation)에 비해서 많은 장점을 가지고 있어서 관심을 끌고 있다. 이 술식의 경관절 나사 고정술에 비한 장점으로는 높은 유합률, 경관절 나사 고정술보다 작은 절개와 긴 뼈 고정(접촉) 길이로 인한 견고한 내고정, 제 1 경추의 삽입 부위를 직접 눈으로 확인하면서 삽입할 수 있다는 점, 나사 삽입 전에 정복을 필요로 하지 않으며 나사 삽입시 경추를 굴곡시킬 필요가 없다는 점, 비만 혹은 흉추 후만 환자에서도 시행할 수 있다는 점과 낮은 설하신경(hypoglossal nerve) 손상 가능성 등을 들 수 있다[3,8].

제 1 경추의 외측괴는 그 크기가 크기 때문에 나사 삽입이 비교적 안전한데 비해, 제 2 경추는 나사 삽입이 상당히 까다롭다. 특히 제 2 경추의 형태는 해부학적 변이가 심하여 나사의 삽입점이나 삽입각을 해부학적 표식(topographic landmark)을 기준으로 설정해서는 안 된다는 사실은 이미 Ebraheim 등[2]의 연구에서 밝혀진 바 있다. Harms 등 역시 개별 환자의 국소 해부학을 고려하여 삽입 궤도를 수정해야 한다고 기술하고 있다[4]. 본 저자들이 시뮬레이션을 하면서 관찰한 바로도 이러한 해부학적 변이는 척추 동맥구뿐만 아니라 후궁의 크기나 형태, 협부의 크기 등 여러 부위에서 발생하고 있으며, 좌우 비대칭인 경우도 상당히 많아, 이러한 권고의 합당성에 전적으로 동의하고 있다.

본 저자들은 CT를 이용한 시뮬레이션을 통해 제 2 경추 척추경 나사의 적정 궤도를 결정하여 보고한 바 있다[7]. 이 궤도는 저자들이 아는 한 가장 안전하고 쉬운, 즉 피질골 천공의 가능성이 가장 적고 따라하기 쉬운 궤도이다. 그러나 이 궤도를 사용한다고 해도 나사수 기준으로는 6.3%(16/256), 환자수 기준으로는 9.4%(12/128)에서 외하방 피질골(척추 동맥구)의 천공이 발생하는 것을 발견하여 보고한 바 있다[7].

이에 저자들은 보다 안전한 궤도를 모색하던 중, 제 2

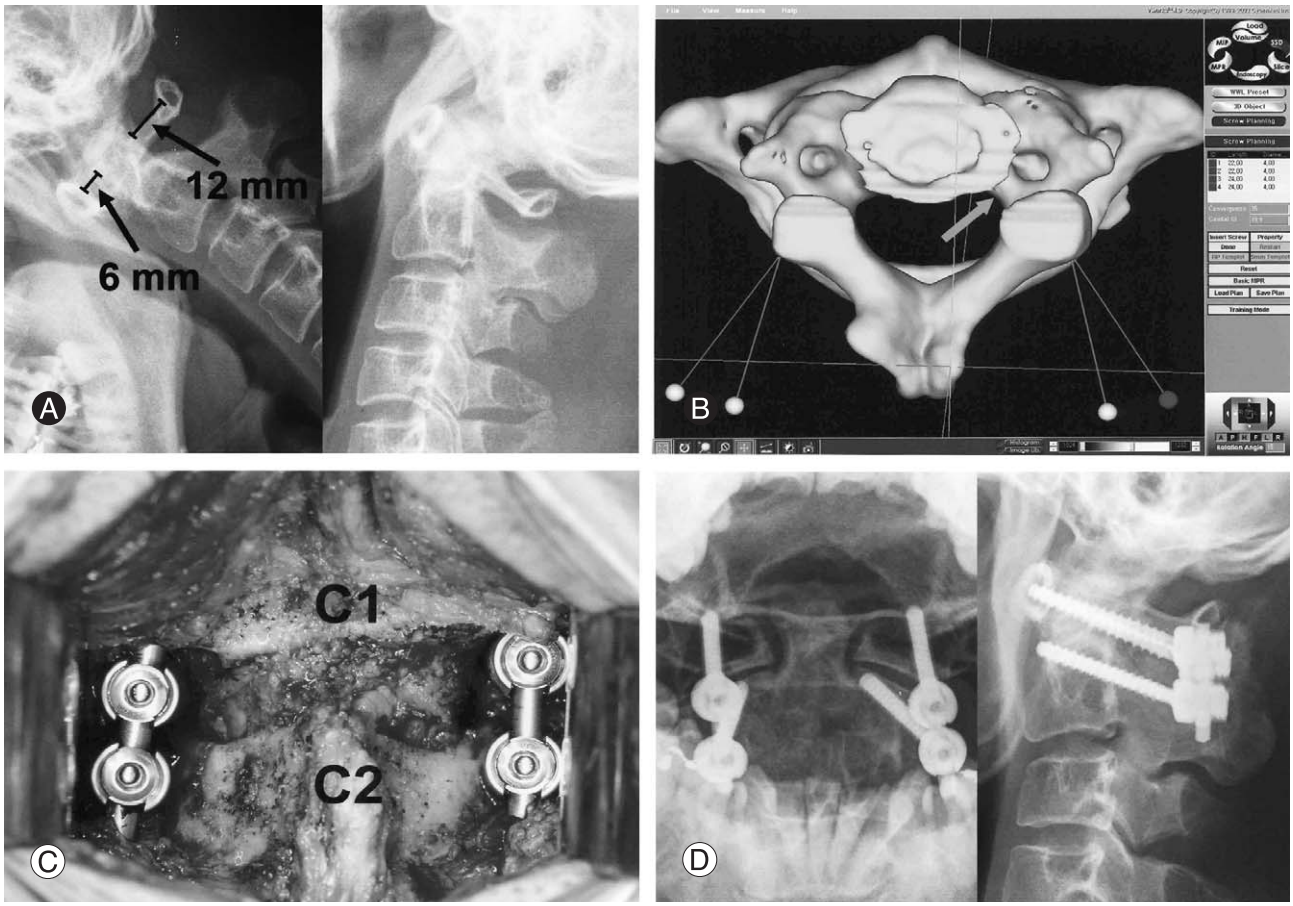

Fig. 3. A case of C1-2 fixation using C1 lateral mass screws and C2 subarticular screws is shown. (**A**) Dynamic radiographs of a 45-year-old male show C1-2 instability. (**B**) The inferior view of C2 shows that the left pedicle (arrow) is too narrow for the pedicle screw. (**C**) An intra-operative photograph taken after poly-axial screw insertion is shown. (**D**) Radiographs taken 5 weeks after the operation are shown.

경추의 특이한 형태를 이용하기로 하였다. 제 2 경추는 다른 경추와는 달리 척추경의 상부에 상관절 돌기(superior articular process)가 위치한다. 따라서 척추경이 작아서 척추경 나사의 삽입이 불가능한 경우에도 그보다 상부에 위치한(보다 넓은) 상관절 돌기에 나사를 삽입할 수 있는 경우가 많다(Fig. 2). 즉, 반드시 척추경에 나사를 삽입하겠다는 생각을 버리고 그보다 넓은 상관절 돌기, 즉 관절면 직하부(subarticular area)에 나사를 삽입하면 좀더 안전하게 나사를 삽입할 수 있다. 물론 관절면 직하부 중에서도 척추경 직상부에 삽입하는 것이 보다 안전하다(척추동맥구로 천공될 가능성이 적다.). 따라서 저자들은 기존의 척추경 나사보다 삽입점을 상부로 잡고, 가능한한 척추경의 직상부에 나사가 위치하도록 하는 궤도를 설정하였다.

관절하 나사는 그 궤도 자체가 척추경 나사보다 좀더 안전할 뿐만 아니라 다음과 같은 두 가지 이유로 수술 술기상의 오차 또한 작다고 할 수 있다. 제 2 경추의 나사 삽입점 주위는 측면에서 보기에 후방으로 기울어져 있기(posterior slanting) 때문에, 삽입점을 상부로 이동하면 이 삽입점은 자동적으로 전방으로도 이동하게 된다(Fig. 2). 이렇게 되면 척추 동맥구에서 멀리 떨어진 부위(즉, 후방)에 삽입점을 잡는(즉, 사거리가 멀어지는) 척추경 나사보다 삽입각의 오차로 인해 척추 동맥구를 관통할 확률이 작아진다. 또한 삽입점의 바로 전방에 위치한 상관절 돌기의 내측을 직접 관찰하거나 촉지하면서 천공하기 때문에 나사를 좀더 정확한 위치에 삽입하게 된다. 이 두가지는 관절하 나사의 안전성을 증가시키는 수술 술기상의 요인이 된다.

한편, 관절하 나사는 척추경 나사보다 뼈 고정(purchase) 길이가 짧기 때문에, 척추경 나사보다 뼈 고정력이 작을 것으로 생각된다. 그러나, 나사 삽입 부위는 연골하골(subchondral bone)이 상부를 덮고 있고 척추경이 하부에 위치하기 때문에 나사의 고정력은 척추경 나사에 비해서 그다지 떨어지지 않을 것으로 보인다. 또한 관절하 나사는 척추경 나사와 마찬가지로 양피질 고정(bicortical fixation)이 손쉽기 때문에, 고정력의 저하는 문제가 되지 않을 것으로 보인다.

본 연구결과에서 관절하 나사는 척추경 나사보다 척추 동맥구 천공이 유의하게 적어, 척추 동맥 손상의 가능성이 유의하게 적음을 알 수 있었다(p=0.030, 0.042). 그러나 관절하 나사를 삽입하기 위해서는 척추경 나사에 비해서 좀더 전방까지 연조직 박리를 해야 한다. 이 연조직 박리 과정에서 경막외 정맥계(epidural venous plexus)에서 출혈이 많이 발생할 수 있으며, 이 출혈의 처리는 초심자들에게는 상당히 어려운 작업일 수 있다. 따라서 나사궤도는 척추경 나사보다 안전하지만 수술적 도달은 약간 더 어려운 나사라고 할 수 있다. 따라서 연조직 박리와 지혈의 경험이 적은 외과의들은 가능하다면 척추경 나사를 사용하는 것이 더 좋을 것으로 생각되며, 관절하 나사는 척추경의 폭이 작아서 척추경 나사를 삽입하기 힘들거나 불가능한 경우(Fig. 3)에만 사용하기를 권하는 바이다. 물론 연조직 박리와 지혈에 부담을 느끼지 않는 외과의에게는 관절하 나사가 척추경 나사보다 안전한 선택이다.

결 론

제 2 경추 관절하 나사는 기존의 척추경 나사보다 향상된 안전성을 가지고 있으나, 이 궤도를 이용하더라도 척추 동맥구의 피질골 파괴가 불가피한 경우가 있으므로, 수술 전에 반드시 조밀 간격 CT의 3차원 재구성이나 3차원 CT-혈관조영술을 실시하여 확인할 것을 권장한다.

참고문헌

1) **Abumi K, Kaneda K**: *Pedicle screw fixation for nontraumatic lesions of the cervical spine. Spine 1997; 22: 1853-1863.*
2) **Ebraheim N, Rollins JR Jr, Xu R, Jackson WT**: *Anatomic consideration of C2 pedicle screw placement. Spine 1996; 21: 691-695.*
3) **Goel A, Desai KI, Muzumdar DP**: *Atlantoaxial fixation using plate and screw method: A report of 160 treated patients. Neurosurgery 2002; 51: 1351-1356.*
4) **Harms J, Melcher RP**: *Posterior C1-C2 fusion with polyaxial screw and rod fixation. Spine 2001; 26: 2467-2471.*
5) **Xu R, Ebraheim NA, Missoon JR, Yeasting RA**: *The reliability of the lateral radiograph in determination of the optimal transarticular C1-C2 screw length. Spine 1998; 23: 2190-2194.*
6) **Xu R, Nadaud MC, Ebraheim NA, Yeasting RA**: *Morphology of the Second cervical vertebra and the posterior projection or the C2 pedicle axis. Spine 1995; 20: 259-263.*
7) Lee D , Yeom JS, Kwon YJ, et al: Optimal trajectories of C1 lateral mass screws and C2 pars-pedicle screws. J Kor Spine Surg 2004; 11: 202-209.

8) Resnick DK, Lapsiwala S, Trost GR: Anatomic suitability of the C1-C2 complex for pedicle screw fixation. Spine 2002; 27: 1494-1498.

국 문 초 록

연구계획: 경추 전산화단층촬영과 컴퓨터를 이용한 수술 시뮬레이션 실험

연구목적: 제 2 경추의 새로운 분절 나사(관절하 나사)의 궤도를 제안하고, 이 궤도의 안전성을 분석하고자 하였다.

대상 및 방법: 158명의 1 mm 간격 전산화단층촬영 영상을 이용하였다. 축상면 전산화단층촬영 영상을 A-view spine simulator 1.0을 이용하여 3차원 재구성하고 나사 삽입 시뮬레이션을 시행하여, 4.0 mm 나사를 피질골 파괴(관통)를 최소로 하면서 삽입할 수 있는 새로운 나사(관절하 나사)의 궤도를 설정하였다. 또한 관절하 나사와 기존의 척추경 나사의 삽입시 피질골 파괴가 불가피한 경우의 빈도를 158례의 316측에서의 시뮬레이션을 통해서 각각 측정하여 비교하였다.

결과: 관절하 나사의 내향각은 전산화단층촬영의 축상면 상의 척추경의 내향각과 같게 정하도록 하였으며, 대개 30-40도 사이였다. 상향각은 C-형 투시기 측면상에서 제 2 경추 상관절 돌기의 전상부 끝점을 향하게 하도록 하였다. 삽입점의 시상면상 위치는 제 2 경추 상관절 돌기의 후면으로부터 3 mm 하부로 정하였다. 삽입점의 관상면 상의 위치는 상기 내향각으로 나사 삽입 시 상관절 돌기의 상내측 피질골에 나사가 바짝 붙어서 삽입되게 하는 위치를 선정하도록 하였다. 시뮬레이션한 결과, 관절하 나사는 2.5%(8/316)에서, 척추경 나사는 6.0%(19/316)에서 제 2 경추 척추동맥구의 피질골 파괴가 발생하여, 관절하 나사가 보다 안전한 궤도임을 확인할 수 있었다(p=0.030, chi-square test).

결론: 제 2 경추 관절하 나사는 기존의 척추경 나사보다 향상된 안전성을 가지고 있으나, 이 궤도를 이용하더라도 척추동맥구의 피질골 파괴가 불가피한 경우가 있으므로, 수술 전에 반드시 조밀 간격 전산화단층촬영의 3차원 재구성이나 3차원 전산화단층촬영-혈관조영술을 실시하여 확인할 것을 권장한다.

색인단어: 제 2 경추 나사, 관절하 나사, 나사 궤도, 수술 시뮬레이션

※ 통신저자 : 원 종 화
경기도 성남시 분당구 300 구미동
분당서울대학교병원 정형외과학교실
Tel: 82-31-787-7190 Fax: 82-31-787-4056 E-mail: seiswon@naver.com