

경부 경추간공 경막외 차단술 시 혈관 내 조영에 대한 분석

아주대학교 의과대학 부속병원 마취통증의학과 신경통증클리닉, *포천중문의과대학교 분당차병원 통증클리닉

황수진 · 한경림 · 김세영* · 김난설 · 김 찬

Analysis of Intravascular Flow Patterns following Cervical Transforaminal Epidural Injection

Su Jin Hwang, M.D., Kyung Ream Han, M.D., Sae Young Kim, M.D.*, Nan Seol Kim, M.D., and Chan Kim, M.D., Ph.D.

Department of Anesthesiology and Pain Medicine, Ajou University Hospital, College of Medicine, Ajou University, Suwon, *Pain Clinic, CHA General Hospital, College of Medicine, Pochon CHA University, Seongnam, Korea

Background: Transforaminal epidural injection (TEI) may be useful to treat unilateral pain that has a dermatomal distribution. In this approach, the needle tip can be placed closer to the dorsal root ganglion and ventral aspect of the nerve root. However many studies have reported that serious complications following TEI occurred more frequently when it was conducted at the cervical level. One of the presumptive mechanisms of the complication is intravascular injection. Therefore this study was conducted to identify the incidence of complications in response to intravascular injections at cervical segments.

Methods: This study included all patients, who visited our pain clinic and had radicular symptoms or herpes zoster associated pain. All procedures were conducted under fluoroscopic guidance with contrast enhancement by one of the authors. After the ideal needle position was confirmed by biplanar fluoroscopy, the blood aspiration through the needle hub was evaluated, and a 3 ml mixture of nonionic contrast (2 ml) with normal saline (1 ml) was injected at a rate of 0.3-0.5 ml/sec continuously under real time fluoroscopic visualization. We then classified the contrast spreading pattern as neural, simultaneous neural and vascular, or vascular.

Results: A total 71 cervical TEIs were performed. In 26 cases (36.6%), the contrast only spread to the nerve sheath. However, 45 cases (63.4%) showed an intravascular spreading pattern, 37 (52.1%) of which showed a neural and vascular pattern and 8 (11.3%) of which showed only a vascular pattern.

Conclusions: Approximately two thirds of the cases of cervical TEI were found to lead to intravascular spreading, which is much higher than the incidence reported in previous studies. (Korean J Pain 2009; 22: 52-57)

Key Words: cervical, intravascular, transforaminal epidural injection.

서 론

국소 마취제나 스테로이드를 이용한 경추간공 경막외 차단술(transforaminal epidural block)은 신경근 병변(radiculopathy)에 의하여 발생하는 통증 환자에서 유용하

며,¹⁻⁶⁾ 후방 추궁간 접근법에 의한 경막외 차단법에 비하여 적은 양의 약제로도 목적으로 하는 병변이 있는 신경근과 경막외강의 전방 부위까지 약물이 쉽게 도달하여 증상을 개선하는데 효과적인 방법이다.²⁾

그러나 시술과 관련하여 입주위 마비, 이명, 현훈, 일시적 사지마비, 경련, 심혈관계 독성, 심하게는 혼수상태

접수일 : 2008년 10월 28일, 승인일 : 2009년 1월 8일
책임저자 : 한경림, (443-721) 경기도 수원시 영통구 원천동 산 5번지
아주대학교 신경통증클리닉
Tel: 031-219-5689, Fax: 031-219-5579
E-mail: painhan@hanmir.com

Received October 28, 2008, Accepted January 8, 2009
Correspondence to: Kyung Ream Han
Department of Anesthesiology and Pain Medicine, Ajou University Hospital, San 5, Woncheon-dong, Yeongtong-gu, Suwon 443-721, Korea
Tel: +82-31-219-5689, Fax: +82-31-219-5579
E-mail: painhan@hanmir.com

와 사망에 이르는 합병증이 보고되고 있으며,⁷⁻¹⁰⁾ 이 중 심각한 합병증은 혈관 내 주입과 관련한 혈관 경련, 혈관 손상, 색전증 등에 의한 중추 신경의 허혈이 원인으로 추정되고 있다.^{9,10)} 특히 경부경추간공 경막외 차단술 시에는 표준적인 방법에 의거하여 시술을 하였음에도 불구하고 뿌리동맥이 천자된 경우를¹¹⁾ 포함하여 심각한 합병증의 발생에 대한 보고가 증가하고 있어^{9,10,12)} 시술 시 각별한 주의를 요한다.¹³⁾

현재까지 경부 경추간공 경막외 차단술 시행 시 혈관 내 주입에 대한 연구는 많지 않으며,¹⁴⁾ 이 연구의 목적은 경부 경추간공 경막외 차단술 시 실시간 조영제 영상을 분석하여 혈관 내 주입 발생률에 대하여 문헌 고찰과 함께 보고하기 위함이다.

대상 및 방법

본 연구는 2007년 11월부터 2008년 3월까지 본원 신경통증클리닉을 방문한 척추 디스크 및 척추협착증 등에 의한 신경근 통증이나 대상 포진 관련 통증을 호소하는 환자를 대상으로 하였다. 모든 환자에게 이 연구의 목적과 시술에 대한 설명을 한 후 서면 동의를 받았다. 환자를 반측와위(semilateral)로 눕힌 후 영상 증강 장치(OEC series 9800, General Electronics, USA)를 경추간공이 가장 잘 보이는 사위면이 되도록 시술 하는 반대 방향으로 35-45도 기울였다. 시술 부위는 포비돈을 이용하여 무균적으로 소독 하였고, 1% 리도카인으로 침윤부위를 국소 마취 한 후 시행하였다. 8 cm, 21 gauge 블록침(Hakko[®], Hakko Co., Ltd, Tokyo, Japan)을 영상 증강 장치 투시 하에 조심스럽게 경추간공의 상추간관절의 전방으로 접근

시켰다. 일단 바늘 끝이 상추간관절돌기에 닿으면 이 관절의 전방으로 블록침을 관절뼈에 밀착 시키면서 약 1 mm 정도 전진시키고 영상 증강 장치의 정면에서 바늘의 깊이를 확인하였다. 정면에서 블록침이 경추 추궁근(pedicle)의 하방외측에 위치하며, 관절주(articular pillar)의 내측 1/3 이상을 전진하지 않도록 정면상에서 확인하였다(Fig. 1).

상기한 방법으로 이상적인 위치가 정해지면 1분 동안 블록침의 허브를 통한 혈액의 흐름이 없는지 관찰한 후 흡인을 시행하여 혈액 검출 여부를 검사하였다. 그 후 2 ml의 조영제(Iopamino[®] 370, Ilsung, Korea)와 1 ml 생리 식염수를 혼합한 용액을 3-5 ml/sec 속도로 영상 증강 장치의 실시간 투시 하에 주입하면서 혈관 내 주입 여부를 관찰하였다. 조영제 영상은 신경근과 경막외강에만 조영된 경우(Fig. 2A), 신경근과 경막외강으로 퍼지면서 혈관조영이 함께된 경우(Fig. 2B), 완전히 혈관으로만 주입된 경우(Fig. 2C), 혈관조영이 되는 경우 중 중앙선을 넘어 조영이 되는 경우(Fig. 2D)로 구분하였다.^{15,16)} 혈관 조영이 되지 않는 것을 확인하고 0.3% mepivacaine 3 ml 내에 triamcinolone 10 mg을 혼합하여 주사하였다. 환자의 나이(65세 전후), 성별, 질환에 따른 혈관조영과의 연관성에 대한 통계는 카이검정 및 Fisher's exact 검사를 이용하였으며, P값이 0.05 이하인 경우에 통계적으로 의미 있는 것으로 간주하였다.

결 과

경추 디스크 병변에 의한 신경근병증 및 경추 대상포진 연관 통증 환자 및 척추관 협착, 척추수술후증후군

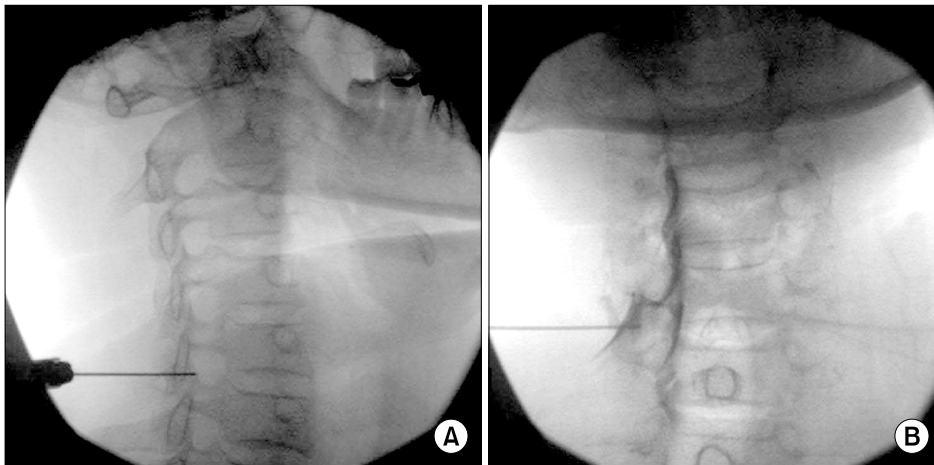


Fig. 1. Right anterior oblique view for C7 transforaminal epidural injection. The needle touches the upper part of the C7 superior articular process (A). The contrast mixture spreads up to C4 vertebral segment on the A-P view (B).

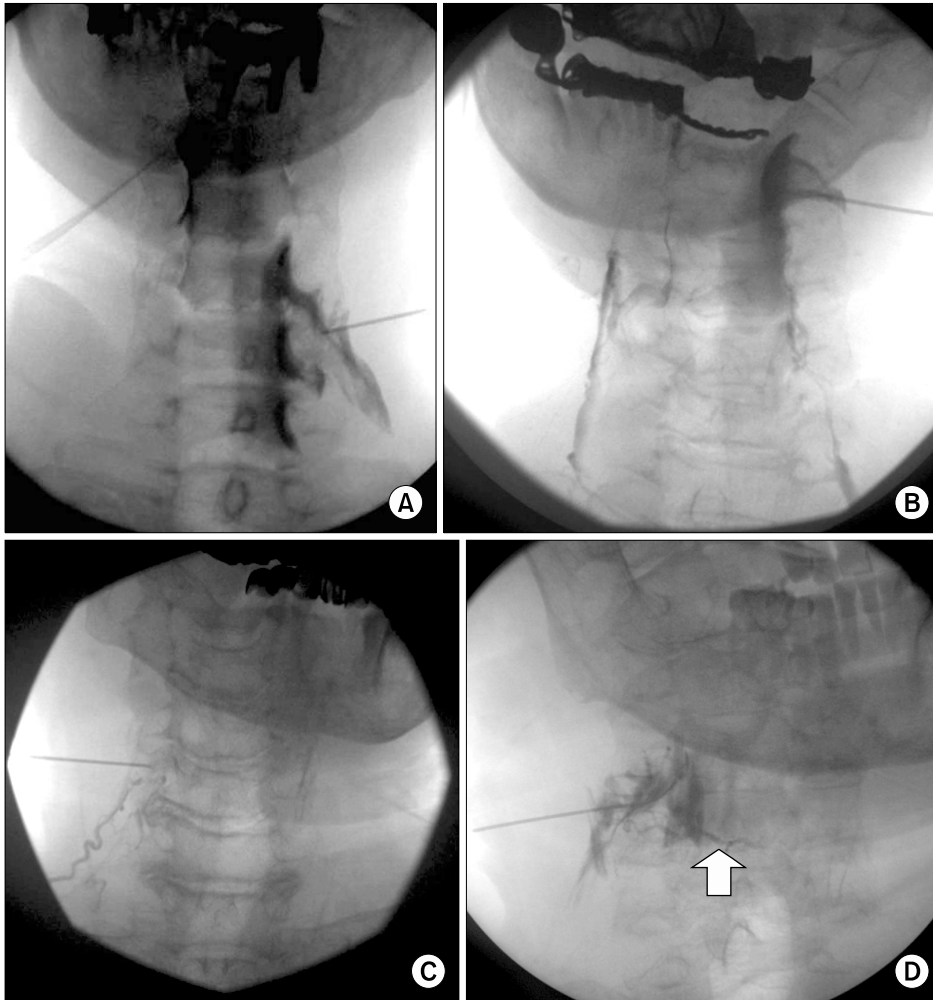


Fig. 2. A-P radiographies demonstrate the three patterns of cervical TEIs. (A) (only neural pattern) is left C6 nerve root and epidural spreading pattern. (B) (simultaneous neural and vascular pattern) shows left C3 nerve root and epidural spreading of contrast agent as well as bilateral vascular flow. (C) (only vascular pattern) shows vascular spreading without flow to neural structure. (D) (running to the midline indicated) shows vascular spreading through the midline.

및 기타 신경근병증에 의한 통증 환자들에서 71건의 경추 경추간공 경막외 차단술이 시행되었으며, 연구 환자들의 인구학적 결과는 Table 1과 같다. 71건 중에 혈관 내로만 조영제가 주입된 경우는 8건(11.3%)이었으며, 신경근과 경막외강 내로 조영제가 퍼지면서 혈관으로 동시에 조영되는 영상은 37건(52.1%)으로 혈관 조영을 보인 경우는 전체 환자의 63.4%였다. 혈관 조영을 보인 45건 중 11건(15.5%)에서 척추의 중앙선을 넘어가는 혈관 조영을 보였다. 시술 중 경막하 주입이나 지주막하 주입이 일어난 경우는 없었다. 각 경추 레벨에 따른 조영제 양상은 Table 2와 같다.

경추 레벨에 대하여는 상부경추(C3, C4)와 하부경추(C5-C7) 및 C8 신경근으로 구분하여 비교한 결과 하부경추 신경근과 C8 레벨 사이에서 통계학적인 차이를 보였다($P < 0.043$). 나이에 따른 혈관 조영 여부는 통계학적인 차이는 없었으나, 65세 이전 환자의 64% (39/61)에서

혈관으로 퍼지는 조영상을 보인 반면 65세 이후 환자의 90% (9/10)에서 혈관으로의 조영상을 보였다. 질환군에 따른 혈관 조영 여부에는 질환별로 통계학적 차이는 없었으나 척추관 협착증 환자 5명과 4명의 척추수술후증후군 환자 모두에서 혈관으로 조영되는 양상을 보였다. 시술과 연관된 특별한 합병증은 발생하지 않았으나 환자들은 시술 동안 주사 부위나 주사하는 해당 신경근을 따라 발생하는 통증을 호소하는 경우가 있었다.

고 찰

최근 수 십년 동안 경추간공 경막외 차단술은 퇴행성 척추 질환, 대상포진 관련 통증, 그리고 급간통증 등의 여러 질환에서 유용한 치료 방법으로 사용되고 있다.^{3,4,17-19} 경막외 차단술은 경추간공을 통한 방법과 후방 추궁간 접근법, 미추 접근법으로 시행할 수 있으나

경추간공을 통한 방법이 전방 경막외 공간에 약물을 주입할 수 있고, 적은 양의 약제를 사용하기에 유용한 방법이다.¹⁰⁾

그러나 경추 부위에서 경추간공 경막외 차단술은 척수 허혈, 경련, 혼수, 사망에 이르는 등의 합병증이 보고되고 있다.^{9,10)} 이러한 합병증은 스테로이드 입자나 국소 마취제의 혈관 내 주입으로 인한 것이 하나의 기전으로 설명되고 있다.^{9,10,13,20)}

척수 신경계의 혈액 공급 해부는 복잡한 것으로 알려져 있다. 척추의 정맥계는 판막이 없고 척추의 전경로에 따라 분포한다.²¹⁾ 척추 내 정맥총중 후내측 정맥총은 후방 경막외와 경막외 지방층 사이에 존재하며 추간공에서 뿌리정맥으로 배출되며 여기에서 뿌리정맥은 뿌리동맥과 척추신경과 주행을 같이 한다.²²⁾ 경추 부위는 두개골

과 뇌의 정맥동과 연계 되어있으며^{23,24)} 요추 부위는 하지, 골반의 정맥계통과 서로 연계되어 있다고 한다.^{11,25-27)} 척추의 동맥공급은 흉추 부위는 대동맥, 요추 부위는 대동맥과 장골 동맥에서 기원하며 경추 부위는 척추동맥(vertebral artery), 오름목동맥(ascending cervical artery), 위갈비사이동맥(superior intercostal artery), 깊은 목동맥(deep cervical artery)에서 기원한다.^{11,26)} 만약 스테로이드 입자가 뿌리동맥으로 들어가게 되면 척수 경색을 야기할 수 있다. 경추 부위의 혈액공급이 다른 척추 부위에 비하여 더 복잡하고 풍부하기 때문에 혈관 내 주입 비율이 더 높을 것으로 생각할 수 있다. 본 연구에서 경추 부위 혈관내 주입 비율은 63.4%로 이전에 Furman 등이¹⁴⁾ 발표한 19.4%보다 높게 나타났다. 이것은 본 연구에서 조영제의 양이 Furman 등이¹⁴⁾ 사용한 0.5-2 ml 보다 많은 3 ml를 사용한 것과 관계되는 것으로 생각되며, 실제 저자들의 임상에서 0.5 ml 이하의 조영제의 주입 시에는 발견되지 않았던 혈관으로의 조영이 일정 용량의 조영제 주사 이후에 발견되는 경우들이 있기 때문에 치료에 필요한 동량의 조영제를 사용하여 혈관으로 조영되는지 여부를 관찰하는 것이 바람직할 것으로 생각한다. 또한 Furman 등의¹⁴⁾ 연구에 사용된 바늘은 25 G 였으며, 저자들은 21 G 바늘을 사용하였는데 바늘의 굵기에 따른 혈관천자 발생이 달라질 수 있을 것이라고 추측할 수 있으나 현재까지 보고된 연구들에서는 바늘의 종류나 굵기와 경추간공 경막외강 내 주사 시의 혈관 천자 발생률에 대한 보고는 없으나 Heavner 등에²⁸⁾ 의하면 18, 20, 22, 25 G 바늘 끝이 예리한 것과 둔한 것을 개의 신장 동맥과 척추 신경근에 천자하여 비교한 연구에서 동맥 천자나 신경근 천자는 바늘의 굵기와는 무관하며 바늘 끝이 둔한 경우에서 현저히 적게 발생하였음을 보고하였다. 따라서 향후 바늘의 종류를 달리 하여 임상 연구가 시행되어지는 것이 바람직할 것으로 생각한다. 실제 임상적으로 심각한 합병증을 유발할 가능성이 있는 조영상은 척수에 영양을 공급하는 동맥의 천자로 조영제나 입자가 있는 스테로이드 제제의 주입으로 생

Table 1. Characteristics and Overall Radiologic Result of the Study Patients

	Cervical (n = 71)
Age (yr)	52.5 ± 13.7
Sex (M/F)	37/34
Height (cm)	162.8 ± 9.4
Weight (kg)	63.2 ± 11.6
Pain site	
Rt/Lt	29/42
Disease (%)	
HNP	36 (50.7)
HZAP	17 (24.0)
Spinal stenosis	5 (7.0)
PLS	4 (5.6)
Others	9 (12.7)
Duration of symptom (months)	5.6 ± 9.8
Radiologic pattern (%)	
Neural only	26 (36.6)
Vascular + neural	37 (52.1)
Vascular only	8 (11.3)
Running to the midline	11 (15.5)

Rt: right, Lt: left, HNP: Herniated nucleus pulposus, HZAP: Herpes zoster associated pain, PLS: post-laminectomy syndrome.

Table 2. Contrast Patterns in Cervical Vertebral Levels

	C3	C4	C5	C6	C7	C8	Total (%)
No. of injections	4	7	6	22	20	12	71 (100)
Neural only	1	4	0	5	8	8	26 (36.6)
Vascular + neural	1	3	6	13	10	4	37 (52.1)
Vascular only	2	0	0	4	2	0	8 (11.3)
Total vascular (%)	3 (75)	3 (42.9)	6 (100)	17 (77.3)	12 (60)	4 (33.3)	45 (63.4)

각되며, 실시간 방사선 조영을 통하여 혈관 내의 조영 여부를 확인할 수는 있으나 이러한 혈관 조영이 동맥인지 정맥인지를 구분하는 것은 쉽지 않다. 일반적으로 조영 속도가 빠르며 추간공으로부터 척수를 향하는 방향의 조영 흐름은 동맥으로 간주되고, 흐름이 느리고 추간공으로부터 말초로 향하는 조영상은 정맥으로 간주할 수 있으나 실제 임상에서 이러한 조영상이 혼합되는 경우도 있으며 말초로 조영제가 빠져나가면서 거의 눈으로 감지되지 못할 정도의 작은 혈관으로 척수를 향해 조영제가 퍼지기도 하는 등 실시간 육안으로 정확히 동정맥을 확인하는 것은 정확도가 떨어진다고 하겠다. 그러나 본 연구에서는 척추체의 중앙을 향하는 혈관 조영상을 따로 분석하였는데 이러한 조영상을 보인 15.5%의 환자 중 일부가 척수에 분포하는 동맥으로 조영되었다고 추정되며, 본 연구에서의 대부분의 혈관 조영상은 말초를 향하여 빠져나가는 양상을 보이는 것으로 정맥으로 추정된다.

환자의 나이에 따른 혈관 내 조영 양상은 이전의 보고 들처럼^{14,29)} 의미 없는 것으로 관찰되었다. 그러나 65세 이후의 환자 중 90%에서 혈관 조영을 보여 65세 이전의 환자(64%)에 비하여 혈관으로의 조영이 많이 되는 경향을 보였는데 이는 향후 좀 더 많은 환자를 대상으로 확인하여야 할 것으로 생각한다.

본 연구에서 질환에 따른 혈관 조영 빈도에는 통계학적인 차이가 없었으나 척추수술후증후군 환자 4명과 척추관협착증환자 5명 모두에서 혈관 내 조영 양상이 관찰되었는데, 이도 역시 각 질환에 따른 환자수가 적어서 향후 좀 더 많은 환자들 대상으로 연구 되어져야 할 것으로 생각한다. Kim과 Shim은²⁹⁾ 요천추 부위 경추간공 경막외 차단술시 척추수술후증후군 환자들에서 혈관 내 조영 양상은 다른 환자군에 비하여 더 높은 것으로 통계학적 유의성이 있음을 보고한 바 있다.

또한 블록침 허브를 통하여 역류된 혈액(flashback)의 여부가 혈관 내 주입 여부와 관련성이 있는지 관찰한 결과 Furman 등이¹⁴⁾ 보고한 민감도 45.9%, Kim 등이²⁹⁾ 보고한 70.4%가 있는데, 본 연구에서 총 45건의 혈관 내 주입을 보인 시술 중 8건에서 역류나 흡인 후에 혈관으로 조영되는 양상을 보였으며, 82%에서 혈액의 역류나 흡인 없이 혈관 조영을 보았다. 또한 혈액이 역류되었으나 혈관 조영이 일어나지 않은 경우도 1건 있었으며, 이는 블록침이 목표지점까지 도달할 동안 조직으로부터 흡입된 혈액이 허브를 통하여 역류 되었을 것으로 생각한다. 따라서 이전의 연구 보고들의 결과와 마찬가지로

혈액의 역류나 흡인 여부는 실제 혈관 조영의 가능성을 예측하는데 도움을 주지 못한다고 할 수 있다.

결론적으로 경부 경추간공 경막외강 차단술 시 혈관 내 주입 비율은 이전의 보고에 비하여 매우 높게 나타났으며, 이는 경부 경추간공의 해부학적 특징과 사용된 조영제의 양의 차이로 생각되나 향후 많은 환자를 대상으로 경부 경추간공 경막외강 차단술 시행 시 혈관 천자와 관계되는 다른 요인에 대한 분석이 필요하리라고 생각한다. 더불어 경부 경추간공 경막외강 차단술은 신중한 환자의 선택과 숙련된 시술자가 충분한 량의 조영제를 사용하여 혈관 조영 여부를 확인한 후 조심스럽게 시술되어야 하겠다.

참 고 문 헌

1. Boswell MV, Hansen HC, Trescot AM, Hirsch JA: Epidural steroids in the management of chronic spinal pain and radiculopathy. *Pain Physician* 2003; 6: 319-34.
2. Manchikanti L: Transforaminal lumbar epidural steroid injections. *Pain Physician* 2000; 3: 374-98.
3. Rosenberg SK, Grabinsky A, Kooser C, Boswell MV: Effectiveness of transforaminal epidural steroid injections in low back pain: a one year experience. *Pain Physician* 2002; 5: 266-70.
4. Vad VB, Bhat AL, Lutz GE, Cammisia F: Transforaminal epidural steroid injections in lumbosacral radiculopathy: a prospective randomized study. *Spine* 2002; 27: 11-6.
5. Hayashi N, Weinstein JN, Meller ST, Lee HM, Spratt KF, Gebhart GF: The effect of epidural injection of betamethasone or bupivacaine in a rat model of lumbar radiculopathy. *Spine* 1998; 23: 877-85.
6. Riew KD, Yin Y, Gilula L, Bridwell KH, Lenke LG, Laurusen C, et al: The effect of nerve-root injections on the need for operative treatment of lumbar radicular pain. A prospective, randomized, controlled, double-blind study. *J Bone Joint Surg Am* 2000; 82: 1589-93.
7. Houten JK, Errico TJ: Paraplegia after lumbosacral nerve root block: report of three cases. *Spine J* 2002; 2: 70-5.
8. McLain RF, Fry M, Hecht ST: Transient paralysis associated with epidural steroid injection. *J Spinal Disord* 1997; 10: 441-4.
9. Muro K, O'Shaughnessy B, Ganju A: Infarction of the cervical spinal cord following multilevel transforaminal epidural steroid injection: case report and review of the literature. *J Spinal Cord Med* 2007; 30: 385-8.
10. Derby R, Lee SH, Kim BJ, Chen Y, Seo KS: Complications following cervical epidural steroid injections by expert interventionalists in 2003. *Pain Physician* 2004; 7: 445-9.
11. Baker R, Dreyfuss P, Mercer S, Bogduk N: Cervical transforaminal injection of corticosteroids into a radicular artery:

- a possible mechanism for spinal cord injury. *Pain* 2003; 103: 211-5.
12. Lee JH, Lee JK, Seo BR, Moon SJ, Kim JH, Kim SH: Spinal cord injury produced by direct damage during cervical transforaminal epidural injection. *Reg Anesth Pain Med* 2008; 33: 377-9.
 13. Scanlon GC, Moeller-Bertram T, Romanowsky SM, Wallace MS: Cervical transforaminal epidural steroid injections: more dangerous than we think? *Spine* 2007; 32: 1249-56.
 14. Furman MB, Giovanniello MT, O'Brien EM: Incidence of intravascular penetration in transforaminal cervical epidural steroid injections. *Spine* 2003; 28: 21-5.
 15. Furman MB, O'Brien EM, Zgleszewski TM: Incidence of intravascular penetration in transforaminal lumbosacral epidural steroid injections. *Spine* 2000; 25: 2628-32.
 16. Sullivan WJ, Willick SE, Chira-Adisai W, Zuhosky J, Tyburski M, Dreyfuss P, et al: Incidence of intravascular uptake in lumbar spinal injection procedures. *Spine* 2000; 25: 481-6.
 17. Botwin KP, Gruber RD, Bouchlas CG, Torres-Ramos FM, Sanelli JT, Freeman ED, et al: Fluoroscopically guided lumbar transforaminal epidural steroid injections in degenerative lumbar stenosis: an outcome study. *Am J Phys Med Rehabil* 2002; 81: 898-905.
 18. Lutz GE, Vad VB, Wisneski RJ: Fluoroscopic transforaminal lumbar epidural steroids: an outcome study. *Arch Phys Med Rehabil* 1998; 79: 1362-6.
 19. Thomas E, Cyteval C, Abiad L, Picot MC, Taourel P, Blotman F: Efficacy of transforaminal versus interspinous corticosteroid injection discal radiculalgia-a prospective, randomized, double-blind study. *Clin Rheumatol* 2003; 22: 299-304.
 20. Kloth DS: Risk of cervical transforaminal epidural injections by anterior approach. *Pain Physician* 2003; 6: 392-3.
 21. el-Khoury GY, Ehara S, Weinstein JN, Montgomery WJ, Kathol MH: Epidural steroid injection: a procedure ideally performed with fluoroscopic control. *Radiology* 1988; 168: 554-7.
 22. Groen RJ, Groenewegen HJ, van Alphen HA, Hoogland PV: Morphology of the human internal vertebral venous plexus: a cadaver study after intravenous Araldite CY 221 injection. *Anat Rec* 1997; 249: 285-94.
 23. Batson OV: The function of the vertebral veins and their role in the spread of metastases. *Ann Surg* 1940; 112: 138-49.
 24. Batson OV: The vertebral vein system. Caldwell lecture, 1956. *Am J Roentgenol Radium Ther Nucl Med* 1957; 78: 195-212.
 25. van der Kuip M, Hoogland PV, Groen RJ: Human radicular veins: regulation of venous reflux in the absence of valves. *Anat Rec* 1999; 254: 173-80.
 26. Hoeft MA, Rathmell JP, Monsey RD, Fonda BJ: Cervical transforaminal injection and the radicular artery: variation in anatomical location within the cervical intervertebral foramina. *Reg Anesth Pain Med* 2006; 31: 270-4.
 27. Manchikanti L, Singh V: Incidence of simultaneous epidural and vascular injection during lumbosacral transforaminal epidural injections. *Spine J* 2007; 7: 629-30.
 28. Heavner JE, Racz GB, Jenigiri B, Lehman T, Day MR: Sharp versus blunt needle: a comparative study of penetration of internal structures and bleeding in dogs. *Pain Pract* 2003; 3: 226-31.
 29. Kim DW, Shim JC: Incidence of intravascular penetration during transforaminal lumbosacral epidural steroid injection. *Korean J Pain* 2007; 20: 26-30.