

액와 상완신경총 차단 후 발생한 지속적 상완신경총 손상 - 증례보고 -

가톨릭대학교 의과대학 마취통증의학교실

정현주 · 임경실 · 홍상현 · 김대영 · 김종분

Persistent Brachial Plexus Injury Associated with Axillary Brachial Plexus Block - A case report -

Hyun Ju Jung, M.D., Kyung Sil Im, M.D., Sang Hyun Hong, M.D., Dae Young Kim, M.D., and Jong Bun Kim, M.D.
Department of Anesthesiology and Pain Medicine, The Catholic University of Korea College of Medicine, Seoul, Korea

A 26-year-old male patient presented for stump revision of an amputated right 3rd finger and neurotomy for a lacerated right 2nd finger. An axillary brachial plexus block was performed using the transarterial technique. Postoperatively, the patient demonstrated signs and symptoms of brachial plexus injury. He exhibited paresthesia in the distribution of the ulnar nerve and motor weaknesses the wrist, elbow, and shoulder. On the 18th postoperative day, nerve conduction and electromyographic studies were performed, which revealed possible right radial neuropathy and axillary neuropathy, or right brachial plexopathy with posterior cord involvement. After seven months of medical and physical treatment, the pain subsided but slight paresthesia and muscle weaknesses still remained. We describe a case of postoperative neuropathy, which is believed to be caused by a direct nerve injury after an axillary brachial plexus block with persistent signs and symptoms over a considerable period. (*Korean J Anesthesiol* 2006; 50: 718~22)

Key Words: axillary brachial plexus block, nerve injury, paresthesia, persistent motor deficit.

상완신경총 차단술 중 액와 접근법은 상완신경총 차단술을 위한 다른 접근법(사각극간, 쇄골상, 쇄골하 등)에 비해 신경총 접근이 쉽고, 기술적으로 용이하며 기흉, 지주막하 및 경막의 차단 등의 위험한 합병증이 적어 상완의 전박 부위 수술에 많이 쓰인다. 그러나 액와 접근법에 의한 상완신경총 차단 후 신경 손상이 0.2%에서 19%까지 다양하게 발생하는 것으로 보고되었다.¹⁾ 신경 손상은 신경차단술과 관련된 원인으로 시술 주사침에 의한 직접적 신경 손상, 마취 주사액의 신경내 주사, 국소마취제와 혼합된 epinephrine에 의한 허혈성 손상 등이 있을 수 있고^{2,3)} 신경차단술 외적인 주된 요인으로 수술 시 사용하는 지혈대로 인한 신경의 직접적인 압박 손상, 지혈대에 의해 생기는 신경의 허혈 손상이 있으며, 그 외에 수술시의 체위, 기존의 신경 병변 등이 원인이 될 수 있다.

동맥 관통법을 이용한 액와 상완신경총 차단 후 발생한 통증, 감각이상, 운동신경 손상이 수술 후 시행한 이학적 및 전기신경학적 검사결과로 신경차단술이 그 원인으로 생각되며, 지속적 물리, 약물 치료로 통증은 소실되고 감각이상 부위는 감소하였고 근력도 호전되었으나 오랜 기간 동안 운동신경손상 및 감각이상이 남아 있었던 증례로 문헌 고찰과 함께 보고하는 바이다.

증 례

26세 남자 환자가 프레스 기계에 우측 수부 제3지의 절단과 제2지의 부분 절개, 신경 손상으로 응급수술을 받기로 하였다. 환자는 미국 마취과학회 신체등급(ASA) 1급, 과거력상 2세에 폐결핵으로 약물치료 후 완치된 바 있고 10세에 편아비대로 편아절제술을 받은 기왕력이 있었으며, 이학적 검사상 수상 부위 외에 특이사항은 없었고, 혈액검사, 흉부 X-선 검사, 심전도 검사에서도 특이사항은 없었다. 수술실 도착 당시 혈압은 140/70 mmHg, 맥박은 70회/분이었다.

논문접수일 : 2006년 1월 18일

책임저자 : 김종분, 경기도 의정부시 금오동 65-1

가톨릭대학교 의과대학 의정부성모병원 마취통증의학과

우편번호: 480-130

Tel: 031-820-3596, Fax: 031-847-3449

E-mail: jbkim@catholic.ac.kr

Table 1. Nerve Conduction Study

Nerve	Site	Amplitude (uV)		Peak Latency (ms)		Velocity (m/s)	
		Right	Left	Right	Left	Right	Left
Radial, sensory	Wrist	*					
Median, sensory	Wrist	16.8	20.0	3.28	3.00		53.30
Ulnar, sensory	Wrist	21.2	36.8	3.00	3.00		
Radial, motor	Forearm	2,600.0	6,600.0				
Radial, motor	Arm	2,600.0	6,100.0			56.80	61.30
Radial, motor	Axilla	7,500.0	6,100.0			300.0	85.30
Axillary, motor	Clavicle	550.0	3,600.0				
Median, motor	Wrist	7,200.0	5,800.0	5.70	6.80		
Median, motor	Elbow	7,100.0	5,700.0	10.30	10.60	79.30	83.30
Ulnar, motor	Wrist	9,800.0	9,300.0	6.10	6.60		
Ulnar, motor	Elbow	8,100.0	9,200.0	9.70	10.50	64.90	50.50

*Not evoked.

마취는 동맥관통법을 이용한 액와 상완신경총 차단술을 시행하였다. 우선 양와위 상태에서 환자의 고개를 좌측으로 돌리고 우측 팔을 90도 외전시켜 우측 액와 부위를 노출시킨 후 betadine과 alcohol로 소독하였다. 대흉근 외측으로 액와동맥을 촉지한 후 23 G 나비바늘을 이용하여 액와동맥을 천자하고 바늘을 조금 더 전진시켜 혈액이 나오지 않는 것을 확인한 후 2% lidocaine 20 ml와 0.5% bupivacaine 20 ml를 혼합한 용액을 주입하였다. 간헐적으로 흡인을 시도하여 바늘 끝이 액와동맥 내로 들어가지 않도록 주의하였다. 마취제 주입 중 환자는 우상지의 감각이상과 통증을 호소하였으나 마취 작용에 의한 것으로 생각하고 계속 주입하였다. 상기 용량의 국소마취제를 모두 주입한 후 활력징후는 큰 변화가 없었다.

수분 후 우상완의 감각이 소실된 것을 확인하고 arm table 위에 우상완을 90도 외전시킨 후 수술 준비를 하였다. Arm table의 높이는 수술대의 높이와 같았다. 우상박의 중간 위치에 지혈대를 하였는데 술 중 지혈대의 압력은 250 mmHg이었다. 수술 시작 시 midazolam 2 mg과 fentanyl sulfate 100 mcg을 정주하였다. 수술 시간은 45분이었고 지혈대 압박 시간은 50분이었다.

술 후 환자는 수술 부위의 감각저하 이외에 특이 사항은 없었으나 술 후 11일째 우수부와 전박의 요골신경 지배 부위에 통증과 감각이상, 견관절의 외전 제한, 주관절의 신전 제한, 손목 관절의 신전 제한(wrist drop)을 호소하였다. 마취통증의학과에 자문하여 정상신경절 차단술과 약물치료를 받았으나 호전 없었고 술 후 14일째 재활의학과에 자문하였다.

시각통증등급 3-4정도의 통증과 우측 상지 감각이상 및

저하를 호소하였고 견관절 외전근은 정상의 15%, 주관절 신전근은 정상의 10%, 완관절 배굴근은 정상의 25%, 지관절 신전근은 정상의 25%로 우측 상지 근력 저하가 있었으며, 근위축과 견관절의 운동제한(굴곡 130도, 외전 60도)이 있었다.

술 후 18일째 신경전도 검사 및 근전도 검사가 시행되었다. 신경전도검사서 우표재요골신경에서 SNAP (sensory nerve action potential)이 존재하지 않았고 우액와 및 요골신경에서 CMAP (compound muscle action potential)의 크기(amplitude)가 감소되었으며(Table 1) 근전도 검사에서는 우액와 및 요골신경 지배근에서 비정상 자발 활동전위가 관찰되어(Table 2) 우측 요골 및 액와 신경증(radial and axillary neuropathy)이나 후신경삭 손상(posterior cord injury)이 의심되었다.

환자의 치료는 정상신경절 차단술과 물리치료, 작업치료 및 운동요법을 시행하였으며, 약물치료로 carbamazepine 800 mg, prednisolone 40 mg, amitriptyline 20 mg을 경구 투여하였다. Prednisolone 40 mg은 10일간 경구 투여한 후 서서히 감량하면서 중단하였고, carbamazepine 800 mg을 gabapentin 300 mg으로 바꾸어 경구 투여한 후 통증은 감소하였으나 피부발진과 두드러기 증상이 있어 gabapentin은 중단하고 carbamazepine을 400 mg으로 감량하고, ibuprofen 900 mg, diazepam 6 mg을 추가로 경구 투여하였다.

술 후 44일째 시각통증등급 0-1로 통증은 감소되었고, 견관절 외전근은 정상의 25%, 주관절 신전근은 정상의 25%, 완관절 배굴근은 정상의 40%, 지관절 신전근은 정상의 40%로 우측 상지의 근력 저하도 호전되었으며 감각이상 부위도 감소하였다.

Table 2. Electromyographic Study

Side	Muscle	Nerve	Root	Insertional activity	Fibrillation	Positive spontaneous wave	Motor unit action potentials (MUAPs)
Right	Cervical paraspinalis	Spinal	C4-T1	Normal	0	0	Normal
	Rhomboid major		C4-C5	Normal	0	0	Normal
	Supraspinatus		C5-C6	Normal	0	0	Normal
	Latissimus dorsi	Thoraco dorsal	C6-C8	Normal	0	1+	No MUAPs
	Biceps brachii	Musculo cutaneous	C5-C6	Normal	0	0	Normal
	Deltoid	Axillary	C5-C6	Normal	1+	1+	Normal
	Triceps	Radial	C6-C8	Increased	0	0	No MUAPs
	Brachioradialis	Radial	C5-C6	Normal	0	0	No MUAPs
	External carpi radialis	Radial	C6-C7	Increased	0	0	Polyphasic MUAPs
	Pronator indicis	Radial	C7-C8	Normal	0	0	Polyphasic MUAPs
	Pronator teres	Median	C6-C7	Normal	0	0	Normal
	Abductor pollicis brevis	Median	C8-T1	Normal	0	0	Normal

술 후 7개월째 감각이상 증상은 남아 있었으나 통증은 없었으며 견관절 외전근은 정상의 25%, 주관절 신전근은 정상의 25%, 완관절 배굴근은 정상의 90%, 지관절 신전근은 정상의 90%로 근력이 호전되었다. 그러나, 추적 근전도 검사가 환자의 거부로 시행되지 않아서 신경 회복 정도를 파악할 수 없었다. 이후 연고지 관계로 전원되었다.

고 찰

마취와 관련된 신경손상은 미국마취과학회 Closed Claims Study database에 기록된 소송 중 16%를 차지한다.¹⁾ 이중 척골신경 손상 및 상완신경총 손상이 각각 28%와 20%를 차지한다. Caplan은²⁾ 광범위한 추적조사에도 불구하고 마취와 관련된 신경손상의 오직 9%만이 원인을 알 수 있었다고 하였다. 액와접근법에 의한 상완신경총차단술 후 신경손상의 발생 정도는 매우 다양하여 Horlocker 등은³⁾ 0.2%에서 19% 정도라고 보고하였다. 신경손상의 정도 또한 보고마다 다양하여 Urban과 Urquhart는⁴⁾ 수술 후 첫날에 19%에서 감각 이상이 나타나나 4주 이상 계속되는 경우는 거의 없다고 한 반면 Hartung과 Repprecht는⁵⁾ 장기간 감각이상이 지속되는 경우가 12%나 된다고 하였다.

액와접근법에 의한 상완신경총 차단술 후 신경손상의 원인은 크게 신경차단술과 관련된 손상, 지혈대에 의한 손상, 부적절한 채위에 의한 손상, 기타 이미 존재하는 신경손상 등이 있을 수가 있겠다. 우선 신경차단술과 관련된 손상으로는 주사바늘에 의한 직접 손상이나, 약제의 신경내 주입, 신경주위강에 독성 물질의 침착, 영양 혈관의 경련이나 혈전 형성, 약제 속에 포함된 혈관 수축제에 의한 조직의 허

혈 등이 있을 수 있다.⁶⁾ 동물 모델에서 실험 결과 사단이 짧은 바늘이 긴바늘보다 신경 손상이 적다고 보고하였는데⁷⁾ 이는 사단이 긴 바늘은 신경 섬유를 절단할 가능성이 큰 반면 짧은 바늘은 신경 섬유를 밀어내기 때문이라고 하였다. 하지만 사단이 긴 바늘을 신경 섬유 방향과 평행하게 삽입하면 짧은 사단의 바늘을 사용할 때보다 신경 손상의 가능성이 적다는 보고도 있었다.⁸⁾ 일반적으로 짧은 사단의 바늘을 신경 섬유 방향과 평행하게 삽입하는 것이 신경손상을 예방하기 위해 바람직하다 하겠다. 본 증례에서 사용한 23 G 나비바늘은 사단은 길으나 바늘길이가 짧아(3/4 inch) 사단면을 신경섬유와 평행하게 삽입하기가 용이하지 않았다. 신경 내 약제 주입 시 신경 내 압력의 증가로 신경 허혈이 올 수 있고 극심한 통증을 유발할 수 있는데 본 증례에서는 환자가 극심한 통증을 호소하지는 않았으나 환자가 표현한 통증 및 감각이상에 대해 세심한 주의를 기울이지 않았다.

액와접근법에 의한 신경차단술로는 이상감각유발법, 액와동맥 관통법, 신경자극법 등이 있다. 이상감각유발법에 의한 감각이상은 바늘이 신경에 닿았음을 알려주고 약제를 주입할 곳을 알려주지만 신경손상의 가능성에 대한 경고의 의미도 된다. 보고에 따라 결과의 차이가 많이 나지만 Selander 등의⁹⁾ 연구에 의하면 액와신경 차단 후 발생한 신경손상이 이상감각유발법을 이용한 군에서 2.8%, 액와동맥 관통법을 이용한 군에서 0.8%로 나타나 이상감각유발법을 이용한 군에서 3.5배 더 높게 나타났다. Thomas 등은¹⁰⁾ 환자에게 편안하고 안전하며 신경차단 성공률이 높고 신경손상 빈도가 적은 액와동맥관통법을 수련병원에서는 시행하도록 권하였다.

신경차단 시 국소마취제와 함께 주입하는 epinephrine은 마취시간 연장과 국소마취제에 의한 합병증을 예방하는데 도움이 되지만 이론적으로 vaso nervorum의 수축을 일으켜 신경손상의 원인이 될 수 있다.

술 후 신경 손상의 신경차단술 외적인 요인으로 가장 흔한 것이 지혈대에 의한 것이다. 지혈대에 의한 손상의 경우 지혈대의 압력, 사용기간, 사용횟수 등이 손상 여부 및 정도에 영향을 미친다. 지혈대에 의한 신경 손상의 정도는 8,000건의 수술 중 한 건 정도이다.¹¹⁾ 지혈대를 사용할 때는 환자의 수축기 혈압보다 150 mmHg 이상의 압력을 주지 않는 것이 좋고 90에서 120분마다 지혈대를 풀어 주는 것이 좋다.¹²⁾ 그러나 이러한 조건 하에서도 지혈대에 의한 신경 손상은 일어날 수 있다.¹³⁾ 지혈대 압력이 높으면(> 400 mmHg) 일시적 신경손상의 위험도가 증가되고 지혈대 적용 시간이 길면 신경증의 발생률이 증가한다.¹⁴⁾ 지혈대에 의한 손상은 직접적 압력과 이로 인한 허혈에 의한 것으로 신경은 압력에, 근육은 허혈에 더 민감하나 허혈보다는 압력에 의한 손상이 더 큰 것으로 보고 있다.¹⁵⁾ 신경 손상의 경우 척골 신경이 가장 손상을 많이 받으며 감각 손상은 경미하고 운동 손상보다 빨리 회복되며 2-8개월만에 자연 치유된다. 지혈대의 압력은 계기에 나타난 압력과는 실제로 다를 수 있어서 과도한 압력에 의한 신경손상이 생길 수 있다. 폭이 넓은 지혈대를 사용하면 동맥 차단을 위해 지혈대에 가하는 압력을 줄일 수 있어 환자의 수축기 혈압 이하의 압력으로도 동맥 차단이 가능하여 높은 압력에 의한 신경 손상을 줄일 수 있다.¹⁶⁾ 또한 지혈대 사용 중 재관류 시간을 줄으로써 허혈에 의한 손상을 줄일 수 있다.¹⁷⁾ 본 증례에서는 지혈대의 압력은 250 mmHg, 사용시간은 50분으로서 압력과 사용시간 모두 과도하지 않았으며 신경전도 검사 및 근전도상 나타난 신경 손상 부위가 요골신경 및 액와신경, 또는 후신경삭으로 두 가지 가능성 모두 지혈대 부착 부위보다 근위부이므로 지혈대에 의한 손상은 아닌 것으로 추정된다.

부적절한 체위로 인한 상완신경총의 견인과 신전 또한 신경 손상을 일으킬 수 있다. 신경차단 후 부적절한 체위에 의한 상완신경총의 손상 정도는 보고된 바가 없으나 전신마취 하에서 발생하는 상완신경총 손상은 부적절한 체위에 의한 견인이 가장 중요한 원인으로 추정되며, 발생 빈도는 0.02-0.06%에 해당된다.¹⁸⁾ 어떤 보고는 체위에 있어서 팔의 외전보다는 어깨의 위치가 흉벽보다 아래로 처지는 경우에 신경 손상의 빈도가 증가한다고 하였다.¹⁹⁾ 본 증례의 경우 환자가 누워 있는 수술대와 arm table은 같은 높이였고 우상완을 90도 정도만 외전시킨 상태에서 수술하였으므로 상박의 과신전 및 과외전에 의한 상완신경총 견인은 일어나지 않았으리라 추측된다.

기왕의 신경손상이 수술 후 신경차단에 의한 손상으로 오인될 수 있다. 이를 감별하기 위해선 무엇보다도 신경차단 전에 차단할 부위의 감각이상, 통증, 근육약화, 위축 또는 신경 마비가 있는지 신경학적 검사를 해야 하고 수술 후 신경 손상이 생겼을 때는 신경전도 검사와 근전도 검사를 시행하도록 해야 한다. 신경은 절단된 뒤에도 수상 후 며칠 동안 손상부위 이하의 축색에서는 활동전위를 전할 수 있으므로 전도 검사는 1, 2주 뒤에 반복해서 시행해야 하고, 근전도 검사상 탈지배(denervation) 양상은 1-3주 지나서 나타난다.²⁰⁾ 만약 증상 발현 직후 시행한 근전도 검사에서 탈신경 지배 양상을 보이면 이는 수술 전 기존의 신경병변 또는 질환이 있음을 의미한다. 또한 근전도 검사는 신경 손상의 형태와 부위, 손상의 원인을 알게 해주며 시간이 경과하면서 신경의 재생과 재지배 소견을 알 수 있게 하므로 추적 조사를 해야 한다. 본 증례의 경우 술 전에는 수상부위 외에 신경 손상의 증상이나 병력이 없었고 술 후 18일째 시행된 근전도에서 신경손상이 나타났다. 수상 직후 근전도를 시행하였다면 명확한 감별을 할 수 있었겠으나 술 전 이학적 검사에서 이상 소견을 나타내지 않았으므로 환자의 증상이 기왕의 신경손상이라고 추정하는 것은 무리라 하겠다.

상완신경총 차단에 의한 신경손상의 예후에 대해선 보고된 결과가 없으나 Ben-David와 Stahl이¹⁸⁾ 전신마취 하에서 시행된 심장수술 8예와, 비심장수술 14예에서 발생한 상완신경총 손상에 대해 보고한 바를 살펴보면, 심장수술 후 발생한 증례들은 병변이 하부신경근 부위이고 감각이상이 주된 증상으로 수일 내에 회복이 시작되어 대부분 4-16주에 회복된 반면 비심장수술의 경우는 상부근 손상이 심하며 신경전체가 손상된 경우도 많고 운동기능 이상이 주된 증상으로 심장 수술 예들과는 달리 회복 속도가 느려 50%에서는 5개월에서 1년 이상 지속되기도 하며 손상 6-8주까지 회복이 없었던 6예 중 3예는 회복이 완전하지 않았으며 손상 1주에 증상이 회복된 환자의 79%는 완전히 회복되었다. 절대적 지표는 아니지만 1주 후의 회복상태를 예후인자로 볼 수 있으며 손상 후 3-4주까지 감각이상의 호전이나 6-8주까지 운동기능의 회복이 나타나지 않으면 예후가 좋지 않다고 하였다.

결론적으로, 본 증례에서 수술 후 상완신경총 손상은 신경전도 및 근전도 검사에서 신경손상 부위가 액와부 및 그 상부에 있다는 점에서 지혈대에 의한 손상의 가능성은 적고, 약제 주입 시 환자가 통증 및 이상감각을 느꼈다는 점, 신경손상 부위가 바늘 삽입 부위와 일치한다는 점에서 주사 바늘에 의한 직접적 신경 손상 혹은 국소 마취제의 신경 내 주사에 의한 신경 손상으로 추정할 수 있겠다. 신경차단술시 주사 바늘에 의한 신경 자상이나 신경 내 마취

약제의 주입에 대한 환자의 반응은 매우 다양하므로 세심한 주의를 기울여야 하며 환자가 호소하는 증상들을 간과해서는 안될 것임을 본 증례를 통해 재인식하게 되었다.

그러므로, 신경차단술 시 사단이 짧은 바늘을 신경 주행 방향과 평행하게 삽입하여 주사 바늘에 의한 신경 손상을 줄여야 하고 약제 주입 시 잦은 문진과 이에 따른 적절한 조치로 신경 내 주입을 방지해야 한다. 또한, 과도한 지혈대 압력을 피하고 자주 점검하며 상지의 과도한 외전을 피하고 어깨가 흉벽보다 아래로 처지지 않도록 주의하여 이에 따른 신경 손상을 예방해야 한다.

참 고 문 헌

1. Cheney FW, Domino KB, Caplan RA, Posner KL: Nerve injury associated with anesthesia: a closed claims analysis. *Anesthesiology* 1999; 90: 1062-9.
2. Caplan RA: Will we ever understand perioperative neuropathy? A fresh approach offers hope and insight (editorial). *Anesthesiology* 1999; 91: 335-6.
3. Horlocker TT, Kufner RP, Bishop AT, Maxson PM, Schoroeder DR: The risk of persistent paresthesia is not increased with repeated axillary block. *Anesth Analg* 1999; 88: 382-7.
4. Urban MK, Urquhart B: Evaluation of brachial plexus anesthesia for upper extremity surgery. *Reg Anaesth* 1994; 19: 175-82.
5. Hartung HJ, Rupprecht A: The axillary brachial plexus block. A study of 178 patients. *Reg Anaesth* 1989; 12: 21-4.
6. Kim JG, Song SO, Jee DL, Yeo JE: Brachial plexus injury following axillary brachial plexus block using a transarterial approach. *Korean J Anesthesiol* 1998; 35: 574-8.
7. Selander D, Dhuner KG, Lundborg G: Peripheral nerve injury due to injection needles used for regional anesthesia. An experimental study of the acute effects of needle point trauma. *Acta Anaesthesiol Scand* 1977; 21: 182-8.
8. Rice AS, McMahon SB: Peripheral nerve injury caused by injection needles used in regional anesthesia: influence of bevel configuration, studied in a rat model. *Br J Anaesth* 1992; 69: 433-8.
9. Selander D, Edshage S, Wolf T: Paresthesia or no paresthesia? *Acta Anaesthesiol Scand* 1979; 23: 27-33.
10. Stan TC, Krantz MA, Solomon DL, Poulos JG, Chaouki K: The incidence of neurovascular complications following axillary brachial plexus block using a transarterial approach. *Reg Anaesth* 1995; 20: 486-92.
11. Middleton RW, Varian JP: Tourniquet paralysis. *Aust NZ J Surg* 1974; 44: 124-8.
12. Sharrock NE, Savarese JJ: Anesthesia for orthopedic surgery. In: *Anesthesia*. 5th ed. Edited by Miller RD, Cucchiara RF, Miller ED, Reves JG, Roizen MF, Savarese JJ: Philadelphia, Churchill Livingstone. 2000. pp 2118-39.
13. Love BR: The tourniquet. *Aust NZ J Surg* 1978; 48: 66-70.
14. Fanelli G, Casati A, Garancini P, Torri G: Nerve stimulator and multiple injection technique for upper and lower limb blockade: failure rate, patient acceptance, and neurologic complications. Study Group on Regional Anesthesia. *Anesth Analg* 1999; 88: 847-52.
15. Chon JY, Lee JY, Han HC, Han YS: Clinical analysis of tourniquet paralysis. *J Korean Soc Plast Reconstr* 1993; 20: 141-6.
16. Grahm B, Breault MJ, McEwen JA, McGraw RW: Occlusion of arterial flow in the extremities at subsystolic pressures through the use of wide tourniquet cuffs. *Clin Orthop* 1993; 286: 257-61.
17. Stompro BE, Stevenson TR, Winemger MA, Sharman RB, Carlsen RC: A reperfusion interval reduces the contractile deficit in skeletal muscle following tourniquet ischemia. *Plast Reconstr Surg* 1994; 94: 1003-10.
18. Ben-David B, Stahl S: Prognosis of intraoperative brachial plexus injury: a review of 22 cases. *Br J Anaesth* 1997; 79: 440-5.
19. Bell C: Brachial plexus injury (letter; comment). *J Cardiothorac Vasc Anesth* 1994; 8: 607-8.
20. Kim TK: Tourniquet palsy of median, ulnar and radial nerves after axillary nerve block. *Korean J Anesthesiol* 1998; 34: 448-52.