고비중 Bupivacaine과 함께 사용한 Fentanyl의 척추마취시 지혈대 통증에 대한 효과

지방공사 부산의료원 마취과

양희성 · 이승용 · 김영추 · 전석봉 · 신창규

- Abstract -

Efficacy of Intrathecal Fentanyl for Tourniquet Pain during Spinal Anesthesia with Hyperbaric Bupivacaine

Hee Sung Yang, M.D., Seung Yong Lee, M.D., Young Choo Kim, M.D.
Suk Bong Jun, M.D. and Chang Kyu Shin, M.D.

Department of Anesthesiology, Pusan Medical Center, Pusan, Korea

Background: Tourniquet pain is probably mediated by C-fiber. The ability of fentanyl to interrupt this nociceptive conduction was studied by administering either fentanyl or saline intrathecally along with hyperbaric bupivacaine for spinal anesthesia.

Method: The incidence of tourniquet pain was evaluated in 60 patients having orthopedic surgery of the lower extremities during spinal anesthesia by administering either 30 mcg fentanyl(group 2) or saline(group 1) along with 0.5% hyperbaric bupivacaine 10 mg. We measured the maximal sensory spread of analgesia to pinprick, the incidence of tourniquet pain, and the sensory anesthesia to pinprick at the onset of tourniquet pain.

Results: The average maximal sensory spread of analgesia was the same in both groups(T9). The incidence of tourniquet pain was significantly greater in group 1(33%) than in group 2(10%). The sensory levels of anesthesia at the onset of tourniquet pain were not different in two groups.

Conclusions: Intrathecal fentanyl was effective against tourniquet pain for 2 hours of the orthopedic surgery of the lower extremities. (Korean J Anesthesiol 1997; 33: 681~685)

Key Words: Analgesics: fentanyl, intrathecal. Anesthesia: spinal. Pain: tourniquet.

서 론

상하지의 정형외과 수술에서 발생하는 출혈을 감소시키기 위해 지혈대(tourniquet)를 자주 사용하게 된다. 하지만 부작용으로서 지혈대로 인한 혈관, 신경 및 근육의 손상이 보고되었고¹⁻³⁾, 지혈대를 가동하면 순환 혈액량의 증가로 혈압과 중심 정맥압의

상승이 있으며^{4,5)} 전신마취하에서 45분 이상 경과하면 고혈압을 보인다는 보고가 있다⁶⁾. 또한 지혈대를 풀게 되면 혈압과 중심 정맥압의 일시적인 하강이 나타나며⁷⁾, 대사산물의 혈류유입으로 동맥혈 이산화탄소 분압과 혈장 칼륨의 상승 및 산혈증이 보고되었다⁸⁻¹⁰⁾. 특히 부위마취로 적절한 감각차단이 있음에도 수술중 지혈대에 의한 통증을 경험하는 환자들이 다수 있다¹¹⁻¹³⁾. 지혈대 통증에 의한 환자의 호소는 대개 지혈대를 작동한지 약 45분 후부터 발생하여 점차로 심해진다고 한다. 이러한 통증은 마약

논문접수일 : 1997년 4월 28일

성 진통제의 투여에도 해결되지 않으며 전신마취로의 전환이 필요할 때도 있다. 이때 지혈대를 풀게 되면 즉각적이고 완전하게 통증이 사라진다.

이러한 지혈대 통증은 C 섬유(fiber)에 의해 전도된다고 알려졌으며, tetracaine에 비해 bupivacaine으로 척추마취를 한 경우에 그 빈도가 감소한다고 한다¹¹⁻¹⁵. 또한 척수강 내로 투여한 opioid가 척수 후각에서 침해수용성 전도(nociceptive conduction)를 억제한다고 하며^{16,17}, 척추마취약제에 opioid의 첨가로 지혈대 통증을 줄일 수 있다고 한다^{18,19}. 이에 저자들은 하지수술을 시행하면서 지혈대의 사용이 예상되는 환자를 대상으로 동일한 용량(dose)과 용적(volume)의 고비중 bupivacaine과 동일한 용적의 생리식염수와 fentanyl을 각각 병용한 척추마취를 시행하여 지혈대 통증의 발생 빈도를 비교해 보고자 하였다.

대상 및 방법

1996년 3월부터 1997년 2월까지 하지수술시에 지혈대의 사용이 예상되는 환자를 대상으로 본 임상연구의 목적을 설명하고 동의를 얻어 시행하였다. 환자는 수술전 검사에서 이상이 없고 미국 마취과 학회의 환자 전신상태분류 제 1급에 속하는 20세에서 55세 사이의 건강한 환자 60명을 대상으로 수술시간이 90분 이내로 예상되는 슬부 이하의 수술이 계획되어 있는 경우를 선택하였다. 환자를 무작위로 구분하여 30명은 고비중의 0.5% bupivacaine(Marcaine(r), Astra, Sweden) 10 mg(2.0 ml)과 생리식염수 0.6 ml로 척추마취를 시행하여 제 1군으로 하였고, 다른 30명은 동량의 fentanyl(Fentanyl(r), 명문제약) 30 mcg(0.6 ml)으로 척추마취를 시행하여 제 2군으로 하였다.

환자는 모두 마취전투약은 시행하지 않았고 척추마취 시행전까지 약 500 ml의 하트만씨 용액을 정주하였다. 환자의 혈압과 심박수를 측정하고 측와위에서 정중접근법으로 제 3-4번 요추간에 25 G Quinke 척추 천자바늘로 지주막하강을 천자하여 뇌척수액의 유출을 확인하고 0.5% 고비중 bupivacaine 10 mg(2 ml)을 주입하고, 이어서 제 1군은 생리식염수 0.6 ml를, 제2군은 fentanyl 30 mcg(0.6 ml)을 주입하였다. 즉시 환자를 앙와위로 한 후 기침등 환자의 복압을 증가시키는 조작을 피하고 환자의 혈압과 심박수를 마취전 수준으로 안정시키면서 5분 간격으로 anterior

axillary line에서 25-gauge 바늘로 pin-prick 검사를 시행하여 최고 높이의 통각소실 감각피판을 환자의 최고감각차단범위(maximal sensory spread of analgesia)로 측정하였다. 약물을 지주막하강으로 주입후 수술부위의 통증이 사라지면 수술준비를 하여 지혈대를 가동시키고 수술을 시행하였다.

수술시행중 지혈대를 가동시킨 하지에 압박감이나 통증이 나타나면 즉시 말하게 하여 이것을 지혈대통증(toniquet pain)의 발생으로 정하였고, 그 시점까지의 경과된 지혈대시간(tourniquet time)과 그 시점에서의 감각차단 높이를 pin-prick 검사로 측정하였다. 그 후 환자의 통증에 대한 호소가 심해지면 fentanyl 50~100 mcg을 정맥투여하여 관찰하였고, fentanyl 정맥주사의 효과가 없거나 수술 종료 예상시간이 지연되거나 통증이 악화되는 경우에는 전신마취로 이행할 것을 원칙으로 하였다.

관찰된 값중 나이, 체중, 신장, 지혈대시간 값은 평균(표준편차로, 감각피판 값은 평균피판(피판범위)으로 나타내어 각각의 값들의 군간의 비교는 Wilcoxon rank test로 분석하였으며 지혈대통증의 발생은 빈도수로 나타내어 Fisher's exact test로 비교분석하여 $p < 0.05$ 인 경우를 통계적으로 유의한 것으로 하였다.

결 과

두 군의 나이는 제 1군이 36.5 ± 11.5 세, 제 2군이 35.1 ± 12.5 세이었고, 키는 제 1군이 169 ± 5.4 cm, 제 2군이 170 ± 5.7 cm이었으며, 체중은 제 1군이 63.5 ± 8.9 kg, 제 2군이 65.3 ± 11.7 kg이어서 두군간의 차이는 없었다(Table 1).

최고 감각차단 범위는 두군에서 모두 T9(T6~T11)으로 같았다. 지혈대 시간은 제 1군이 77.8 ± 12.9 분 이었고, 제 2군이 82 ± 12.1 분으로 두군간의 차이는

Table 1. Demographic Data

	Group 1(n=30)	Group 2(n=30)
Age(year)	36.5 ± 11.5	35.1 ± 12.5
Height(cm)	169 ± 5.4	170 ± 5.7
Weight(kg)	63.5 ± 8.9	65.3 ± 11.7

Data are Mean $\pm$ S.D.

Table 2. Assessment for Tourniquet Pain

	Group 1(n=30)	Group 2(n=30)
Maximal sensory spread of analgesia(range)	T9(T6-T11)	T9(T6-T11)
Time between tourniquet inflation and onset of pain(min), (mean(s.d.))	55.8±13	72.5±17.5
Frequency of tourniquet pain(%)	10(33%)	3(10%)*
Sensory anesthesia at time of onset of tourniquet pain(range)	T12(T11-L1)	T11

*p<0.05; compared with group 1

없었다. 수술중 지혈대 통증이 발생한 환자수는 제 1군이 10명(33%)으로 제 2군의 3명(10%)에 비해 통계적으로 유의하게 많았다(p<0.05). 지혈대 통증이 발생한 시간은 제 1군에서 55.8±13분이었고, 제 2군에서 72.5±17.5분으로 제 1군에 비해 제 2군에서 길었으나 통계적인 유의성은 없었다. 지혈대 통증이 발생한 시점에서의 감각차단 범위는 제1군에서 T12(T11-L1)였으며, 제2군에서는 T11로 제1군에서 1분 정도 낮았으나 통계적인 의미는 없었다(Table 2).

지혈대 통증이 발생하고 15분 이상 경과하여 통증이 심한 환자 5명(1군 4명, 2군 1명)에게 fentanyl 50~100 mcg을 정주하였고 그 중 1명에게는 같은 용량의 fentanyl을 추가로 투여 하였으며, 전신마취로 전환이 필요한 경우는 없었다. 제2군에서 1명의 환자가 수술중에 안면부의 가려움증을 호소하였으나 호흡 억제, 뇨저류, 오심, 구토등의 다른 부작용은 관찰되지 않았다.

고 찰

지혈대 통증은 경계가 불분명한 둔통의 형태로 나타나는데 그 원인으로 여러 이론이 제시되고 있다. Cole은²⁰⁾ 좌골 신경의 압박과 허혈로 인하여 통증이 발생한다고 하였으나, 지혈대의 가동을 중단하는 즉시 통증이 사라지는 것으로 보아 조직 허혈로 인한 것은 아닐것으로 추측하였다. Egbert등²¹⁾은 척추마취 시 저농도의 국소마취제에서 큰 신경섬유(large fiber)의 활성화로 인하여 통증이 전달된다고 하였고, 국소마취제의 용량을 증가시켜 그 발생을 줄일수 있다고 하였다. 그에 반해 DeJong등²²⁾은 가는 무수 신경섬유(small unmyelinated fiber)에 의해 교감신경 체계(sympathetic trunk)를 따라 감각차단부위의 상부로

전달된다고 하였으나, 상흉부와 경부를 포함하는 부위마취시에도 지혈대통증이 보고되었다¹²⁾. 지혈대 통증은 C 섬유(fiber)에 의해 전달된다고 생각되며, 임상적으로 tetracaine보다 bupivacaine으로 척추마취를 시행할때 지혈대 통증의 빈도가 낮다고 한다¹¹⁻¹⁵⁾. Gissen등²³⁾은 낮은 농도의 국소마취제에서 A 섬유보다 C 섬유의 활동성이 빨리 회복되어 지혈대 통증을 유발한다고 하였고, bupivacaine이 tetracaine보다 낮은 농도에서 C 섬유의 차단효과가 크다고 하였다. 또한 Stewart등¹⁴⁾은 tetracaine보다 bupivacaine이 frequency dependent block에 대한 효력(potency)이 높아 고빈도의 침해수용의 발화(nociceptive firing)의 전도를 차단한다고 하여서 지혈대 통증의 빈도에 대한 bupivacaine의 작용을 뒷받침 한다.

척추마취시의 지혈대 통증은 사용된 국소 마취제의 용량, 감각 차단의 높이, 국소마취제 용액의 비중, 그리고 국소마취제 자체에 의해 영향을 받는다고 한다^{11,21,22,24,25)}. 지혈대 통증의 발생에 대해 0.5% plain bupivacaine 15 mg로 마취한 경우 최등¹⁵⁾은 15%의 발생을 보고했고, Concepcion등¹¹⁾도 25%로 본 연구에서 제1군의 결과인 33%보다 낮았다. 이것은 본 연구에서 적은 용량(10 mg)과 glucose가 함유된 고비중 bupivacaine을 사용했고, 제 1군에서 생리식염수를 첨가하여 약물의 농도가 감소하였기 때문이라 사료된다.

척수강 내로 투여한 opioid가 척수 후각에서 C 섬유와 A-delta 섬유가 매개하는 침해수용성 전도를 억제한다고 하여서 척추 마취에서 국소마취제와 병용하여 마취의 질을 높일 수 있다^{16,17,26,27)}. 일반적으로 척수강 내로 투여한 opioid의 작용시간은 지방 용해도(lipid solubility)가 높을수록 짧다. 지방 용해도가 낮은 morphine의 작용시간은 용량에 따라 2~12시간

정도인데 비하여, 높은 지방 용해도를 가진 fentanyl의 경우 Hunt등²⁸⁾은 6.25 mcg에서 50 mcg까지 용량에 상관없이 3~4시간 정도, Boutte등²⁹⁾은 25 mcg에서 82분 정도, 또는 Honet등³⁰⁾은 15 mcg에서 80분 정도로 보고하였다. 또한 Rucci등¹⁸⁾은 0.5% bupivacaine에 fentanyl 200 mcg을 더하여 경막외마취를 시행하였을 때 지혈대 통증의 빈도는 bupivacaine만 사용했을 때의 30%에서 8%로 감소하였으나 통계적 의의는 지혈대 작동후 30분까지만 있다고 보고하였다. 본 연구에서는 fentanyl 30 mcg의 작용시간을 90분에서 120분 정도로 가정하였고, 결과와 일치한다고 사료된다.

척수강내로 투여한 opioid의 부작용은 호흡억제, 오심 및 구토, 소양감, 그리고 뇨저류 등이 있다. Tuominen등¹⁹⁾은 고비중 bupivacaine에 0.3 mg의 morphine을 첨가하여 morphine대신 saline을 첨가한 대조군에 비해 지혈대 통증의 빈도가 감소했지만 요저류, 소양감 등의 부작용의 빈도가 높다고 보고하였다. 지방 용해도가 낮은 morphine의 경우 두측 확산(rostral spread)에 의해 부작용 빈도가 높고 지속시간이 길다고 한다³¹⁻³⁴⁾. 반면에 지방 용해도가 높은 opioid는 두측 확산이 morphine에 비하여 미미하며 임상적인 심각성도 적다고 한다³⁵⁻³⁷⁾. 물론 많은 용량의 opioid를 투여한 경우는 지방 용해도에 상관없이 부작용의 빈도가 높겠지만 본 연구에서 fentanyl 30 mcg의 경우 경한 소양감을 호소하는 1명의 환자만이 있어서 임상적으로 문제가 되지 않았다.

결론적으로 슬부이하의 정형외과 수술을 받는 환자 60명에게 동일용량의 고비중 bupivacaine과 그에 fentanyl을 첨가하여 척추마취를 시행하여 지혈대 통증의 빈도를 관찰한 결과 fentanyl을 첨가한 경우에 그 빈도가 유의있게 감소하였다. 하지만 지혈대 시간이 2시간 이상이 소요되는 긴 수술에서는 척수강내로 설치한 도관(catheter)을 통하여 fentanyl을 재투여하거나 작용시간이 긴 약제를 선택하는 등의 방법이 고려되어야 할 것이다.

참 고 문 헌

- Hurst LN, Weiglein O, Brown WF, Campbell GJ: The pneumatic tourniquet: A biomechanical and electrophysiologic study. *Plast Reconstr Surg* 1981; 67: 648-652.
- Hamilton WK, Sokoll MD: Tourniquet paralysis. *JAMA* 1967; 199: 37.
- Patterson S, Klennerman L: The effect of tourniquets on ultrastructure of skeletal muscle. *J Bone Joint Surg* 1979; 61B: 178-183.
- Bradford EM: Hemodynamic changes associated with the application of lower limb tourniquets. *Anaesthesia* 1969; 24: 190-197.
- Valli H, Rosenberg PH: Effects of three anaesthesia methods on hemodynamic responses connected with the use of thigh tourniquet in orthopaedic patients. *Acta Anaesthesiol Scand* 1985; 29: 142-147.
- Kaufman RD, Walts LF: Tourniquet-induced hypertension. *Br J Anaesth* 1982; 54: 333-336.
- Kahn RL, Marino V, Urquhart B, Sharrock NE: Hemodynamic changes associated with tourniquet use under epidural anesthesia for total knee arthroplasty. *Reg Anesth* 1992; 17: 228-232.
- Lynn AM, Fischer T, Brandford HG, Pendergrass TW: Systemic responses to tourniquet release in children. *Anesth Analg* 1986; 65: 865-872.
- Bourke DL, Silberberg MS, Ortega R, Willock MM: Respiratory responses associated with release of intraoperative tourniquets. *Anesth Analg* 1989; 69: 541-544.
- Brustowicz RM, Moncorge C, Koka BV: Metabolic responses to tourniquet release in children. *Anesthesiology* 1987; 67: 792-794.
- Concepcion MA, Lambert DH, Welch KA, Covino BG: Tourniquet pain during spinal anesthesia: A comparison of plain solutions of tetracaine and bupivacaine. *Anesth Analg* 1988; 67: 828-832.
- Rocco AG, Concepcion MA, Sheskey MC, Murray E, Edstrom H, Covino BG: A double blind evaluation of intrathecal bupivacaine without glucose and a standard solution of hyperbaric tetracaine. *Reg Anesth* 1984; 9: 1-7.
- Strichartz G, Zimmerman M: An explanation for pain originating from tourniquets during regional anesthesia. *Reg Anesth* 1984; 9: 44-45.
- Stewart A, Lambert DH, Concepcion MA, Datta S, Flanagan H, Migliozi R, et al: Decreased incidence of tourniquet pain during spinal anesthesia with bupivacaine. A possible explanation. *Anesth Analg* 1988; 67: 833-837.
- 최익현, 고흥, 박일용: 척추마취시 지혈대 통증에 대한 연구. *대한마취과학회지* 1996; 31: 371-375.
- Kalso E: Effects of intrathecal morphine, injected with bupivacaine, on pain after orthopaedic surgery. *Br J Anaesth* 1983; 55: 415-422.

17. Bengtsson M, Lofstrom JB, Merits H: Postoperative pain relief with intrathecal morphine after major hip surgery. *Reg Anesth* 1983; 8: 139-143.
18. Rucci FS, Trafficante FG, Pippa P: Fentanyl and bupivacaine mixture for extradural blockade in orthopaedic surgery: effects on haemodynamic responses and pain related to the use of thigh tourniquet. *Eur J Anesthesiol* 1987; 4: 167-174.
19. Touminen M, Valli H, Kalso E, Rosenberg PH: Efficacy of 0.3 mg morphine intrathecally in preventing tourniquet pain during spinal anaesthesia with hyperbaric bupivacaine. *Acta Anesthesiol Scand* 1988; 32: 113-116.
20. Cole F: Tourniquet pain. *Anesth Analg* 1952; 31: 63.
21. Egbert BD, Deas TC: Causes of pain from a pneumatic tourniquet during spinal anesthesia. *Anesthesiology* 1962; 23: 287-290.
22. Dejong R, Cullen SC: Theoretical aspects of pain. Bizarre pain phenomena during low spinal anesthesia. *Anesthesiology* 1963; 24: 628-635.
23. Gissen AJ, Covino BG, Gregus J: Differential sensitivities of mammalian nerve fibers to local anesthetic agents. *Anesthesiology* 1980; 53: 467-474.
24. Bridenbaugh PO, Hagenouw RR, Gielen MJ, Edstrom HH: Addition of glucose to bupivacaine in spinal anesthesia increases the incidence of tourniquet pain. *Anesth Analg* 1986; 65: 1181-1185.
25. Rocco AG, Mallampati SR, Boon J, Concepsion MA, Horowitz AM: Double blind evaluation of intrathecal bupivacaine and tetracaine. *Reg Anesth* 1984; 9: 183-187.
26. Calvillo O, Henry JL, Neuman RS: Effects of morphine and naloxone on dorsal horn neurones in the cat. *Can J Physiol Pharmacol* 1974; 52: 1207-1211.
27. Kitahata LM, Kosaka Y, Taub A, Bonikos K, Hoffert M: Lamina-specific suppression of dorsal-horn unit activity by morphine sulfate. *Anesthesiology* 1974; 41: 39-48.
28. Hunt CO, Naulty JS, Bader AM, Hauch MA, Vartikar JV, Datta S, et al: Perioperative analgesia with subarachnoid fentanyl-bupivacaine for cesarean delivery. *Anesthesiology* 1989; 71: 535-540.
29. Boutte JN, Martindale ML, Ramanathan J: Comparison of intrathecal methadone and fentanyl for labor analgesia, abstracted. *Anesthesiology* 1992; 77: A993.
30. Honet JE, Arkoosh VA, Norris MC, Huffnagle HJ, Silverman NS, Leighton BL: Comparison among intrathecal fentanyl, meperidine, and sufentanil for labor analgesia. *Anesth Analg* 1992; 75: 734-739.
31. Bromage PR, Camporesi EM, Durant PA, Nielsen CH: Rostral spread of epidural morphine. *Anesthesiology* 1982; 56: 431-436.
32. Bromage PR, Camporesi EM, Durant PA, Nielsen CH: Nonrespiratory side effects of epidural morphine. *Anesth Analg* 1982; 61: 490-495.
33. Etches RC, Sandler AN, Daley MD: Respiratory depression and spinal opioids. *Can J Anaesth* 1989; 36: 165-185.
34. Gourlay GK, Cherry DA, Plummer JL, Armstrong PJ, Cousins MJ: The influence of drug polarity on the absorption of opioid drugs into CSF. *Pain* 1987; 31: 297-305.
35. Cousins MJ, Mather LE: Intrathecal and epidural administration of opioids. *Anesthesiology* 1984; 61: 276-310.
36. Naulty JS, Datta S, Ostheimer GW, Johnson MD, Burger GA: Epidural fentanyl for postcesarean delivery pain management. *Anesthesiology* 1985; 63: 694-698.
37. Rosen MA, Dailey PA, Hughes SC, Leicht CH, Shnider SM, Jackson CE, et al: Epidural sufentanil for postoperative analgesia after cesarean section. *Anesthesiology* 1988; 68: 448-454.