슬관절전치환술 환자에게 경막외 용적확대기법을 이용한 척추경막외병용마취 시 Bupivacaine의 농도에 따른 비교 연구

한양대학교 의과대학 마취통증의학교실

김경현 · 유연규 · 민형기 · 심재항 · 전우재 · 염종훈 · 신우종 · 조상윤

A Comparison of the Use of Several Concentrations of Bupivacaine with Epidural Volume Extension during Combined Spinal-epidural Anesthesia in Total Knee Replacement

Kyoung Hun Kim, M.D., Yeon Kyu Yu, M.D., Hyoung Ki Min, M.D., Jae Hang Shim, M.D., Woo Jae Jeon, M.D., Jung Hoon Yeom, M.D., Woo Jong Shin, M.D., and Sang Yun Cho, M.D.

Department of Anesthesiology and Pain Medicine, College of Medicine, Hanyang University, Seoul, Korea

Background: Currently, combined spinal-epidural anesthesia (CSE) is frequently administered, especially in obstetrics and orthopedic surgery. The aim of this study is to determine the appropriate concentration of bupivacaine to use with epidural volume extension that is suitable for total knee replacement during CSE.

Methods: Eighty patients (ASA physical status I and II) scheduled for total knee replacement were randomly allocated to four groups of 20 patients each. All patients intrathecally received 2 ml of 0.5% hyperbaric bupivacaine. After fixation of spinal anesthesia, the groups received the following treatments. Group S patients received a 10 ml administration of normal saline for 15 min followed by a continuous 10 ml/hr epidural infusion. Group B1 patients received a 10 ml administration of 0.125% bupivacaine for 15 min followed by a continuous 10 ml/hr epidural infusion. Group B2 patients received a 10 ml administration of 0.25% bupivacaine for 15 min followed by a continuous 10 ml/hr epidural infusion. Group B3 patients received a 10 ml administration of 0.5% bupivacaine for 15 min followed by a continuous 10 ml/hr epidural infusion.

Results: The incidence of intraoperative movement in group S and group B1 patients were significantly greater than the incidence for group B2 and B3 patients. The incidence of intraoperative pain in group S patients was significantly greater than for patients in any of the other groups.

Conclusions: We conclude that it is necessary to administer more than a 0.25% concentration of epidural bupivacaine load and provide continuous administration after a spinal block during total knee replacement. (Korean J Anesthesiol 2007; 53: 593~7)

Key Words: bupivacaine, combined spinal and epidural anesthesia, total knee replacement.

서론

최근 하지수술에서 성인이나 특히 노인의 환자에서 부위 마취가 많이 선호 되고 있다. 경막외 마취는 전신마취에 비해 심부 정맥 혈전증, 폐색전증, 출혈량, 그리고 수혈의 빈도가 낮을 뿐 아니라 경막외 카테터를 이용하여 술 후 통증조절이 용이하다는 장점이 있으나, 마취발현이 느리고 근이완 효과가 좋지 않고 제 5 요추와 제 1, 2 천추 신경근

차단이 지연되거나 실패할 가능성 등의 단점이 있다. 또한 적절한 신경차단을 위해 다량의 마취제를 투여해야 하는 경우, 이에 따른 국소마취제의 전신독성도 발생할 수 있다.

반면에 척추마취는 마취유도가 빠르고 수기와 관련된 실패율이 적으며 소량의 국소마취제의 사용에 따른 전신 독성이 거의 없으나 장시간 수술 시 마취 시간의 연장이 불가능하고 주술기 저혈압, 경막 천자 후 두통 등의 발생 가능성이 높은 단점을 가지고 있다.

척추 경막외 병용마취는 척추마취의 장점인 빠르고 확실한 감각차단 효과를 얻고 단점인 넓은 범위의 마취 시 나타나는 저혈압의 발생을 감소시키는 효과를 가지며, 경막외 마취의 단점인 느리고 불확실한 감각차단 효과를 보완하며 수술 중 어느 시기에서나 감각차단 범위를 연장시키고 술 후 통증관리까지도 가능하게 하는 방법이다. 이런 이유로

논문접수일 : 2007년 6월 25일

책임저자 : 조상윤, 경기도 구리시 교문동 249-1

한양대 구리병원 마취통증의학과, 우편번호: 471-701

Tel: 031-560-2390, Fax: 031-563-1731

E-mail: chosy@hanyang.ac.kr

산과마취, 하복부 및 하지 수술에 적합한 마취방법중의 하나로 현재 널리 사용되고 있다.

한편, 척추 마취 후 거치된 경막외 카테터를 통해 국소마취제를 주입했을 때 단순 척추마취시보다 감각 차단 범위의 증가가 발생하는 경우가 있는데, 그 기전으로 용적 효과로 인한 경막낭의 압박과 국소마취제 효과 그리고 두 기전의 혼합으로 설명되고 있다.^{1,2)}

Blumgart 등은¹⁾ 제왕절개술을 받는 산모에서 척추 경막외 병용마취시 경막외강으로 생리식염수 혹은 국소마취제를 주입 후 발생한 감각차단의 확장이 주입된 용적으로 인한 경막낭의 압박 때문이라고 보고하여 이러한 기전을 뒷받침하고 있다. 한편, 박 등은³⁾ 척추마취 직후에 생리식염수 15 ml를 경막외로 주입하여 감각차단이 증가되는 것을 보고하였으나, 척추마취 15분 후 동량의 생리식염수를 주입한 경우에는 감각차단이 증가하지 않았다고 보고하였다. 그러나 감각차단 범위증가에 관한 기전에 있어서는 상반되는 제안도 빈번하여 아직도 논란의 여지가 있는 실정이다.¹⁾

Stienstra 등은²⁾ 추가적인 국소마취제 효과를 얻기 위해서는 bupivacaine의 양이 25 mg 이상이어야 한다 하였다. 이 연구의 목적은 슬관절전치환술 수술시 경막외 용적효과를 이용한 척추 경막외 병용마취 동안 필요한 bupivacaine의 적정농도를 알기 위함이다.

대상 및 방법

병원윤리위원회의 허가를 받은 후 모든 환자에게 본 임상 연구의 목적을 설명하고 동의를 얻은 경우에 시행하였다. 슬관절전치환술이 예정된 환자로 심혈관계 및 중추신경계, 출혈성 질환, 감염 등 척추 및 경막외 마취의 적용에 금기사항이 없는 미국마취과학회 신체등급분류 1, 2군에 속하는 남녀 성인 환자 80명을 무작위로 4군으로 배정하였다. 난수화는 1에서 80까지 적힌 봉인된 봉투를 사용하였다. 각 봉투는 S (식염수), B1 (0.125% bupivacaine), B2 (0.25% bupivacaine), B3 (0.5% bupivacaine)의 네 가지 중 한 부호를 포함하였다.

모든 환자는 마취전 투약을 하지 않았으며 수술실에 도착한 후 양와위로 눕힌 후 환자감시 장치(Pulscan Combo®, Scionic Co. Ltd, Korea)를 부착하여 마취 전 혈압과 심박수를 측정하였다. 기준 혈압과 심박수는 수술 전 6시간 간격으로 측정한 4회의 병실혈압과 심박수 결과 및 마취 유도 전 수술실에서의 혈압과 심박수의 평균값으로 정하였다. 이후 심전도, 비침습적 자동 혈압기 및 맥박 산소포화도 측정기로 환자를 지속적으로 감시하였다.

척추마취 후 저혈압을 예방하기 위해 척추마취 시행 30분 전부터 16 G 카테터를 통해 37°C로 데워진 500 ml의 하

트만씨 정질액으로 마취전 수액투여를 하였다. 산소는 비강 캐놀라를 통해 3 L/분의 유속으로 투여하였다.

수술하는 부위를 아래로 한 측와위로 하여 제 2, 3 혹은 3, 4 요추 간에 국소마취제를 침윤한 후 combined spinal epidural anesthesia kit (Espocan®, B. Braun, Germany)를 사용하여 정중접근법으로 18G Tuohy 경막외 바늘로 요추 천자를 시행하였다. 경막외 공간은 공기를 이용한 저항소실법으로 확인하였다. 27 G whitacre 척추 천자침(Pencan®, B. Braun, Germany)을 경막외 바늘내로 삽입하여 경막을 천자하였으며 뇌척수액이 자유롭게 흘러나오는 것을 확인한 후 0.5% 고비중 bupivacaine (Marcaine®, Astrazeneca, Sweden) 10 mg을 지주막하강 공간내로 주입하고 바늘을 제거하였다. 척추 천자 주입이 끝난 시점을 time-zero로 하였고 다구멍 경막외 카테터를 경막외 공간내로 3-4 cm 거치하게 한 다음 주의 깊게 흡인검사를 하여 혈액이나 뇌척수액이 나오지 않는 것을 확인한 후 즉시 환자를 양와위로 자세를 바꿔 수술시간동안 유지하였다.

실험과 관련 없는 독립적인 관찰자가 얼음 cube를 이용해 앞저드랑선에서 온도감각이 소실되는 것을 통해 매 2분마다 감각차단의 수준을 측정하였다. 척추마취 후 환자가 얼음 cube의 찬 온도를 느끼지 못하는 최대 감각 수준(Smax)을 기록하였고, 동시에 도달하기까지의 시간도 기록하였다.

그 후 S군의 환자들은 15분 동안 자동 펌프(Terumo, Japan)를 이용해 10 ml의 생리식염수로 경막외 top-up을 시행하였고 B1군은 10 ml의 0.125% bupivacaine, B2군은 10 ml의 0.25% bupivacaine, B3군은 10 ml의 0.5% bupivacaine으로 경막외 top-up을 시행하였다. 감각차단정도를 판단 한 직후 S 군 환자에서는 경막외로 생리식염수를 시간당 10 ml의 속도로 지속적주입하였으며, 실험군에서는 각각의 농도의 bupivacaine을 시간당 10 ml 속도로 지속적주입한 후 30분 동안 5분마다 감각차단수준을 평가하였다.

감각차단수준이 T5 피부분절에 도달하거나 10분이 경과한 뒤 수술을 시작하였다. 수술중 통증은 시각 등급 통증점수(VAS, 0-100)로 평가하였고 30 이상 시에는 5-10 ml의 0.25% bupivacaine을 경막외 공간으로 투여하였고 마취중 투여된 bupivacaine의 총량을 기록하였다. 수축기 혈압이 100 이하거나 마취전 혈압의 20% 이상 감소한 경우를 저혈압이라 정의하였으며 즉시 5-10 mg의 ephedrine을 정주하였다. 수술중 오심, 구토, 가려움, 떨림 또한 기록하고 적절히 치료하였다. 회복실에서 마취기법에 대해 알지 못하는 훈련된 간호사가 모든 환자들을 감시하였고, 감각차단 수준과 총 추가용량을 기록하였다.

표본크기를 결정하기 위하여 대조군 10명을 대상으로 하여 예비시험을 하였다. 40%에서 술중 통증을 호소하였으며, 실험군에서 차이를 위하여 5%의 술중 통증이 요구되었고,

Table 1. Patients' Characteristics

	S (n = 20)	B1 (n = 20)	B2 (n = 20)	B3 (n = 20)
Age (yr)	70.4 (6.3)	68.7 (8.7)	66.6 (3.1)	66.5 (7.4)
Weight (kg)	61.4 (8.7)	62.6 (9.8)	67.4 (10.3)	58.7 (3.1)
Height (cm)	152.8 (1.9)	150.8 (6.8)	155.9 (7.9)	150.3 (2.7)
OT (min)	132.0 (35.6)	120.0 (23.2)	142.0 (50.0)	119.5 (31.5)
AT (min)	172.1 (35.1)	162.0 (24.9)	188.5 (55.1)	168.5 (11.1)

Values are mean (SD). No significant differences were detected. Group S: normal saline 10 ml administration during 15 min followed by continuous epidural infusion 10 ml/hr. Group B1: 0.125% bupivacaine 10 ml administration during 15 min followed by continuous epidural infusion 10 ml/hr, Group B2: 0.25% bupivacaine 10 ml administration during 15 min followed by continuous epidural infusion 10 ml/hr, Group B3: 0.5% bupivacaine 10ml administration during 15 min followed by continuous epidural infusion 10 ml/hr. OT: operation time, AT: anesthesia time.

Table 2. Block Characteristics

	S (n = 20)	B1 (n = 20)	B2 (n = 20)	B3 (n = 20)
Smax,Th	4.4 (1.1)	4.1 (1.0)	4.9 (0.9)	4.6 (1.0)
Time to Smax (min)	9.4 (2.4)	10.8 (4.1)	9.0 (2.5)	9.1 (2.5)
TBA (mg)	0	38.1 (20.0)*	76.0 (20.1)*	136.5 (41.0)*
Rescue dose (mg)	6.3 (5.2)*	2.5 (4.2)	0*	0*
Intraoperative pain (%)	40*	20	0	0
Hypotension (%)	40	20	0	20
Intraoperative movement (%)	40*	40*	0	0
SLRR	8.4 (3.2)	9.0 (2.9)	8.2 (2.6)	6.0 (2.2)

Results are expressed as mean (SD). Group S: normal saline 10 ml administration during 15 min followed by continuous infusion 10 ml/hr. Group B1: 0.125% bupivacaine 10 ml administration during 15 min followed by continuous epidural infusion 15 ml/hr, Group B2: 0.25% bupivacaine 10 ml administration during 15 min followed by continuous epidural infusion 10 ml/hr, Group B3: 0.5% bupivacaine 10 ml administration during 15 min followed by continuous epidural infusion 10 ml/hr. Smax,Th: maximal sensory thoracic level after spinal block, TBA: total bupivacaine amount in epidural block, SLRR: sensory level at recovery room. *: P < 0.05, compared to other groups.

오류(α , 5%), 검정력(β , 80%)을 얻기 위하여 각 군당 17명이 요구되었고, 우리는 각 군당 20명 총 80명을 대상으로 실험하였다.

환자의 특성은 평균 $\pm$ 표준편차로 나타내었다. 통계처리는 Statview (USA)를 이용하였으며, 각 군 간의 환자의 인구학적 특성, 혈액학적 자료와 감각신경차단부위는 unpaired t-test, χ^2 -test로 검증하였으며, 실험군간의 비교에서는 repeated-measures of variance (ANOVA)를 적용하였고, 사후검정은 Bonferroni/Dunn으로 하여 P < 0.05 인 경우를 유의하다고 하였다.

결 과

모든 환자에서 연구를 성공적으로 수행하였으며 기술적 어려움이나 차단실패는 없었다. 전체 연구대상 환자는 80명이었으며 환자의 나이, 체중, 신장, 수술시간 및 마취시간은 Table 1과 같았고 네 군 간에 통계학적으로 유의한 차

이는 없었다.

경막외 용적 확대전의 감각 차단 범위와 Smax, 그리고 Smax에 도달하기까지의 시간도 각 군 간에 큰 차이는 없었다(Table 2).

S군과 B1군에서 B2군, B3군보다 추가용량과 수술중 움직임의 빈도가 유의하게 높았다(Table 2). 수술중 통증의 빈도는 S군에서 다른 세군보다 유의하게 높았다(Table 2)(P < 0.05).

각 군 간의 척추마취중 저혈압의 빈도는 차이가 없었다. 경막외 기간 동안 수축기 동맥 혈압과 흉부 피부분절 확산은 각 군 유의한 차이가 없었다(Fig. 1, 2). 수술 후 경막천자후 두통을 호소한 경우도 없었다.

고 찰

본 연구에서 0.25%와 0.5%의 bupivacaine군이 생리식염수군과 0.125% bupivacaine군 보다 수술 중 통증의 빈도, 수술중 움직임의 빈도와 총 추가용량 용량에서 더 나은 것으로

Fig. 1. Changes in systolic arterial pressure (mean $\pm$ SD). No significant differences were detected. Group B1: 0.125% bupivacaine 10 ml administration during 15 min followed by continuous infusion 15 ml/hr, Group B2: 0.25% bupivacaine 10 ml administration during 15 min followed by continuous infusion 10 ml/hr, Group B3: 0.5% bupivacaine 10 ml administration during 15 min followed by continuous infusion 10 ml/hr. M0: immediately after beginning continuous epidural infusion rate of 10 ml/hr. M5: 5 min after beginning continuous epidural infusion rate of 10 ml/hr. M10: 10 min after beginning continuous epidural infusion rate of 10 ml/hr. M15: 15 min after beginning continuous epidural infusion rate of 10 ml/hr. M20: 20 min after beginning continuous epidural infusion rate of 10 ml/hr. M25: 25 min after beginning continuous epidural infusion rate of 10 ml/hr. M30: 30 min after beginning continuous epidural infusion rate of 10 ml/hr.

Fig. 2. Changes of thoracic dermatome (mean $\pm$ SD). No significant differences were detected. Group B1: 0.125% bupivacaine 10 ml administration during 15 min followed by continuous epidural infusion 15 ml/hr, Group B2: 0.25% bupivacaine 10 ml administration during 15 min followed by continuous epidural infusion 10 ml/hr, Group B3: 0.5% bupivacaine 10 ml administration during 15 min followed by continuous epidural infusion 10 ml/hr. M0: immediately after beginning continuous epidural infusion rate of 10 ml/hr. M5: 5 min after beginning continuous epidural infusion rate of 10 ml/hr. M10: 10 min after beginning continuous epidural infusion rate of 10 ml/hr. M15: 15 min after beginning continuous epidural infusion rate of 10 ml/hr. M20: 20 min after beginning continuous epidural infusion rate of 10 ml/hr. M25: 25 min after beginning continuous epidural infusion rate of 10 ml/hr. M30: 30 min after beginning continuous epidural infusion rate of 10 ml/hr.

나타났다.

경막외마취시 작용기전은 광범위하게 연구되어왔다. 경막외로 주입된 국소마취약제의 주작용 부위는 경막외강을 주 행하여 도달한 척추 신경근이거나 척수 그 자체로 추론되어 왔다. 경막외강으로 투입된 국소마취제의 상당량이 뇌척수액에 나타나는 것으로 되어 있으며 최고 농도는 주입후 10-30분 후에 나타나는 것으로 알려져 왔다. 최초용량의 반 정도를 최초주입후 35-60분 후에 주는 방법인 경막외 top-up이 시행되었을 경우에 감각과 운동차단이 강화되는데, 그러한 기전으로 뇌척수액에 존재하는 국소마취제가 작용하는 것으로 추론되었다.⁴⁾

Rawal 등은⁵⁾ 척추경막외병용마취 기법으로 T8에서 T3-4로 척추 마취수준을 확장시키는데 경막외 공간에 30-50 mg의 bupivacaine 만이 필요하다고 하였다. 그 이유로 그들은 경막외강으로 주입한 국소마취제가 경막의 구멍을 통한 이동과 척추마취제의 지속적인 효과 등을 들었으며,⁶⁾ Carrie는⁷⁾ 척추마취로 미발현 무통("subclinical" analgesia) 상태에 있는 신경조직이 소량의 경막외 마취제의 접촉으로 쉽게 발현되었다고 그 기전을 설명하였다.

Blumgart 등은¹⁾ 척추마취제 주입 5분 후에 생리식염수와

bupivacaine을 경막외로 주입하여 비슷한 차단높이를 얻었다. 즉, 경막외 주입이 지주막하 공간을 압박하고 국소마취제의 확산을 촉진하는 용적효과를 경막외 top-up의 주 기전으로 설명하였다. 이 효과는 척추조영술을 통해 확인되었는데 10 ml의 생리식염수를 경막외 top-up으로 주었을 때 지주막하 공간의 용적이 25% 줄어들었다.⁸⁾

하지만 Blumgart 등은¹⁾ 경막외 top-up 후 30분 동안만 측정하여 그 후의 차단 높이에 대한 결과는 없었지만 Stienstra 등이⁹⁾ 하지수술환자를 대상으로 한 연구에서는 시간이 경과할수록 식염수보다 0.5% bupivacaine의 차단효과가 더욱 두드러져 국소마취제의 경막외 top-up은 용적효과와 국소마취제 효과를 모두 가지고 있다고 주장하였다.

그 후 Stienstra 등은²⁾ 정형외과 환자에게서 추가적인 국소마취제 효과를 얻기 위해서는 경막외 bupivacaine이 25 mg 이상이어야 한다고 하였다. 또한 Choi 등은¹⁰⁾ 0.25% bupivacaine 10 ml가 용적효과와 국소마취제 효과를 모두 나타낸 것에 비해 경막외로 10 ml의 생리식염수를 주입한 71%의 환자에서는 용적효과만 나타나고 적절한 통증조절에 도움이 되지 않았다고 하였다.

박 등은³⁾ tetracaine을 이용한 척추마취시 척추마취제 주입 후 경막외강내로 일시에 주입된 생리식염수는 투여시점에 따라 그 효과가 다르게 나타났다고 하였고, 척추마취제 주입후 척추마취가 고정되기 전 경막외강으로 국소마취제를 일시에 주입할 경우는 투여한 국소마취제의 양적인 효과에 의하여 척추마취의 감각 차단범위가 예상보다 높게 확산될 수 있음을 보여주며, 또한 척추마취제가 고정된 이후에 투여되는 경막외강 국소마취제는 마취의 양적 효과보다는 국소마취제의 자체의 효과라고 주장하였다.

본 연구에서도 척추마취가 고정이 된 것을 확인 한 후, 15분에 걸쳐서 경막외로 생리식염수 10 ml를 주입한 군과 0.125% 농도의 bupivacaine 10 ml 주입후 지속적으로 투여한 군은 용적효과를 나타내지 않았고 수술중 40%의 환자에서 통증을 호소하였으나, 0.25%와 0.5% 농도의 bupivacaine을 주입 후 지속적 투여한 군에서는 수술중 완전한 진통효과를 나타내었다.

이에 슬관절전치환술 중 척추마취 후 척추마취가 고정이 된 것 이 확인 된 후에 0.25% 농도 이상의 bupivacaine을 15분간 에 거치어 주입한 후 지속적 주입을 한다면 서맥, 저혈압등과 같은 큰 합병증 없이 술중 진통효과와 운동신경의 회복 없이 마취가 이루어 질수 있다는 결론을 얻게 되었다.

참 고 문 헌

1. Blumgart CH, Ryall D, Dennison B, Thompson-Hill LM: Mechanism of extension of spinal anaesthesia by extradural injection of local anesthetic. Br J Anaesth 1992; 69: 457-60.
2. Stienstra R, Dilrosun-Alhadi BZ, Dahan A, van Kleef JW, Veering BT, Burm AG: The epidural "top-up" in combined spinal-epidural anesthesia: the effect of volume versus dose. Anesth Analg 1999; 88: 810-4.
3. Park CH, Roh WS, Kim BI, Park JW: Effect of single epidural saline at 15 minutes after the spinal anesthetic administration on spinal sensory blockade level. Korean J Anesthesiol 1998; 34: 977-83.
4. Bromage PR. Mechanism of action. In: Bromage PR, ed. Epidural analgesia. Philadelphia: WB Saunders, 1987:119-59.
5. Rawal N, Schollin J, Westrom G: Epidural versus combined spinal epidural block for cesarean section. Acta Anaesthesiol Scand 1988; 32: 61-6.
6. Rawal N, Van Zudert A, Holmstrom B, Crowhurst JA: Combined spinal epidural technique. Reg Anesth 1997; 22: 406-23.
7. Carrie LE: Epidural versus combined spinal epidural block for cesarean section. Acta Anaesthesiol Scand 1988; 32: 595-6.
8. Takiguchi T, Okano T, Egawa H, Okubo Y, Saito K, Kitajima T: The effect of epidural saline injection on analgesic level during combined spinal and epidural anesthesia assessed clinically and myelographically. Anesth Analg 1997; 85: 1097-100.
9. Stienstra R, Dahan A, Alhadi BZ, van Kleef JW, Burm AG: Mechanism of action of an epidural top-up in combined spinal epidural anesthesia. Anesth Analg 1996; 83: 382-6.
10. Choi DH, Park NK, Cho HS, Hahm TS, Chung IS: Effects of epidural injection on spinal block during combined spinal and epidural anesthesia for cesarean delivery. Reg Anesth Pain Med 2000; 25: 591-5.

1. Blumgart CH, Ryall D, Dennison B, Thompson-Hill LM: Mechanism of extension of spinal anaesthesia by extradural injection of