

## 등비중 Bupivacaine 척추마취의 체위에 따른 비교 연구

연세대학교 의과대학 마취통증의학교실

장철호 · 남용택 · 정주영 · 최성인 · 이윤우

= Abstract =

### Comparative Study of Isobaric Bupivacaine Spinal Anesthesia in the Supine and Prone Positions

Chul Ho Chang, M.D., Yong Taek Nam, M.D., Joo Young Jeong, M.D.  
Sung In Choi, M.D., and Youn-Woo Lee, M.D.

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

**Background:** Isobaric bupivacaine has same baricity as cerebrospinal fluid and therefore, so it remains at the level of injection. But, the risk of high spinal anesthesia exist, because increased intrathecal pressure is possible in prone position as isobaric bupivacaine has mild hypobaricity at body temperature but is isobaric at room temperature. So, we studied the influence of the position of the blockade of spinal anesthesia in isobaric spinal anesthesia.

**Methods:** We studied 26 patients undergoing elective surgery for which spinal anesthesia was considered appropriate. One group (the P group) were scheduled for surgery in the prone position with a frame (n = 13), the second group (the S group) were scheduled for surgery in the supine position (n = 13). Patients were injected with 12 mg of 0.5% isobaric bupivacaine at L3-4 in the lateral decubitus position with a 22 G spinal needle at the rate of 0.2 ml/sec. We then assessed anesthetic blockade level, heart rate, and blood pressure.

**Results:** The height of the sensory block in the prone position group was at the 10th thoracic dermatome, whereas in the supine position this was at the 8th thoracic dermatome at 15 minutes. There was a little difference between the two groups, but this was insignificant statistically.

**Conclusions:** Both the supine and the prone positions are suitable for isobaric spinal anesthesia with bupivacaine. Isobaric spinal anesthesia in the prone position with a frame is as safe as in the supine position. Spinal anesthesia with isobaric bupivacaine is considered to have a low risk of high spinal anesthesia and a low complication level in the prone position with a frame, as for the supine position. (Korean J Anesthesiol 2003; 44: 605~611)

**Key Words:** Bupivacaine; isobaric; spinal anesthesia; prone position; supine position.

논문접수일 : 2003년 1월 9일

책임저자 : 이윤우, 서울시 강남구 도곡동 146-92, 영동세브란스병원 마취통증의학교실, 우편번호: 135-720

Tel: 3497-3520, Fax: 3463-0940, E-mail: ywleepain@yumc.yonsei.ac.kr

석사학위 논문임.

2002년 대한마취과학회 추계 학술대회 발표하였음.

## 서 론

척추마취는 지주막하강에 국소마취제를 투여하여, 필요로 하는 척수 분절의 신경 차단을 함으로써 원활한 수술을 가능하게 하는 부위마취법의 하나이다. 이 방법은 하복부, 하지 수술 시 흔히 사용되며, 고위척수차단을 피할 경우 전신마취에 따른 위험성을 줄일 수 있는 장점이 있다.<sup>1)</sup>

마취에 따른 위험성으로 제시되는 마취기 고장, 기관 내 삽관에 관계된 합병증, 위 내용물 흡인, 수술 후 호흡기계 및 심혈관계 합병증, 약물 과민반응 등의 가능성이 전신마취에 비해 부위마취에서 적다. 또한, 그 위험도의 차이는 점차 마취과학이 발달함에 따라 더 벌어지고 있다.<sup>2)</sup> 그러나, 척추마취 시 차단되는 척추분절의 높이가 낮으면 수술을 진행하기가 어렵고, 반대로 과도하게 높으면 환자의 저혈압과 서맥 및 호흡 기능 저하를 가져오는 위험성을 내포하고 있다.<sup>3)</sup> 따라서, 환자 상태와 수술 상황에 따른 정확한 척추마취를 시행하기 위한 방법을 연구하는 것이 중요하다고 할 수 있다.

척추마취 시 차단하고자 하는 척수분절의 신경만을 차단하는 것이 이상적이지만, 임상적으로는 차단하려는 척수분절의 높이를 정확히 조절하기가 어렵다.<sup>3)</sup> 그 이유로 제시되는 것은 1) 환자의 요인; 나이, 키, 체중, 성별, 복압, 척추의 기형, 체위, 2) 기술상의 요소; 천자 부위, 바늘 사단의 방향, 반복 혼합 주입, 주입 속도, 3) 뇌척수액의 특성; 용적, 압력, 비중, 4) 사용 약물의 특성; 비중, 용량, 농도, 온도, 용적, 혈관 수축제 첨가 여부 등이 있다. 이러한 여러 요소에 의해 차단되는 척수분절의 높이가 영향을 받는 것으로 알려져 있다.<sup>4,5)</sup>

척추마취는 다양한 방법으로 시행되며, 그 중 비중에 따른 분류에 의하면 저비중, 등비중, 고비중으로 나뉘어진다. 이론적으로 등비중의 국소마취제는 환자의 뇌척수액 비중과 유사하므로 수술 중 체위에 영향을 가장 적게 받을 것으로 생각된다.<sup>6,7)</sup> 그 이유는, 뇌척수액 보다 고비중의 약물은 척추(spinal column)를 따라 가장 낮은 곳으로 국소 마취제가 흐르고, 저비중의 약물은 척추를 따라 가장 높은 곳으로 확산함에 비해, 등비중의 경우는 체위와 상관없이 주입된 부위의 척추 주위에 존재하고 있기 때문이다.<sup>3)</sup>

대부분의 경우 복와위에서는 복압이 증가하여 정맥혈 환류(venous return)가 억제되며, Baton's 정맥얼기의 총혈로 지주막하강 용적이 줄어지고 뇌척수압이 증가하게 되므로 고위척수차단의 가능성이 높아질 가능성이 있다. 척추마취 시 체위에 관한 연구로 복와위에서 등비중의 bupivacaine과 고비중의 bupivacaine을 비교한 연구가 있었다.<sup>8)</sup> 그러나, 등비중의 bupivacaine을 이용하여 앙와위와 복와위를 비교한 연구는 없었다. 이에 본 연구는 등비중 bupivacaine 척추마취 시 환자의 체위가 차단되는 척수분절의 높이에 어떤 영향을 미치는가를 알아보고자 하였다.

## 대상 및 방법

연세대학교 의과대학 영동세브란스 병원에서 앙와위와 복와위로 수술 받는 남녀 환자 26명을 대상으로 하였으며, 환자의 전신상태가 미국마취과학회 신체등급분류 1, 2군에 속하는 건강한 환자들로, 과거력에서 척추만곡증이나 척추 수술의 기왕력이 없는 환자들을 대상으로 하였다. 또한 척추마취의 금기증으로 생각되는 환자가 척추마취를 거부하거나, 천자 부위의 국소 감염이나, 혈액 응고 장애가 있는 경우, 심각한 저혈량증, 심한 대동맥판 협착(aortic stenosis) 등의 환자는 제외하였다.

체위 이외의 요소를 가급적 제외시키기 위해 대상 환자의 키는 160-175 cm 범주에서 비만증이 없는 환자로 제한하였으며, 나이는 20세에서 60세 사이로 하였다. 연령, 체중, 신장, body mass index (BMI)에서 양군간의 유의한 차이가 없었다(Table 1).

앙와위로 수술 받는 환자(supine position group, S군)를 대조 군으로, 복와위로 수술 받는 환자(prone

Table 1. Demographic Data

	Supine	Prone
Patients number (M/F)	13 (10/3)	13 (8/5)
Age (yr)	43.8 ± 11.3	41.4 ± 12.7
Body weight (kg)	69.9 ± 10.8	64.8 ± 9.6
Height (cm)	168.2 ± 5.0	167.5 ± 7.4
BMI (kg/m <sup>2</sup> )	24.6 ± 2.3	23.0 ± 2.1

All values except patients number are expressed as mean ± SD. BMI: body mass index.

position group, P군)를 비교 군으로 대상을 설정하였다.

마취 전 처치실에서 혈압과 심박동수, 환자의 동반 질환 여부, 과거력, 수술명, 수술 체위, 나이, 성별, 체중, 신장을 확인 후 기록하였다. 그리고, 보호자 및 환자에게 척추마취에 대한 설명 후 동의서에 서명을 받았다.

정맥로를 확보하고 천자 전 Ringer's lactated solution을 30분에 걸쳐 500 ml를 정주하였다.

측와위에서 22 G spinal needle을 L3-4 척추간에서 천자 후 뇌척수액이 유출되는 것을 확인한 후, 바늘의 사단(bevel)을 미측으로 향하게 한 뒤, 반복 혼합 주입 없이 0.5% 등비중 bupivacaine (Astra Pharmaceutical Production AB, Sweden) 12 mg을 12초에 걸쳐(0.2 ml/sec) 일정한 속도로 주입하였다.

그 후 즉시 양와위, 복와위로 자세 바꾸고, 5분, 10분, 15분, 20분, 30분, 45분에 차단된 척수 분절, 심박동수, 혈압을 측정하여 기록하였다. 양와위는 환자가 누운 수술대가 지면과 평행하게 조정하여 천장을 향하여 바로 누운 자세이고, 복와위는 지면을 향하여 엎드린 자세로 Wilson frame을 사용하여 복부가 눌리지 않게 한 자세로 만들었다.

차단된 척수 분절의 높이는 23 G 바늘로 시행한 pin prick test상 통각이 소실된 가장 높은 피부 분절로 하였다. 통계분석을 위해 S5 = 0로 기준을 삼고 상위 각 분절마다 1점씩 증가하여 점수를 배당하였다(예; L1 = 9, T1 = 21).

또한 마취 중 발생한 합병증으로서 호흡억제나 저혈압, 서맥 유무를 기록하고, 그 종류와 치료법을 기록하였다. 호흡억제는 맥박산소측정기상 95% 이하로 측정되거나 환자의 주관적인 호흡곤란 증상이 있는 경우로 하고, 산소마스크로 산소를 투여하였다. 저혈압은 척추마취 시술 전에 비해 20% 이상 혈압이 감

소하거나 수축기 혈압이 90 mmHg 이하인 경우로 하여, ephedrine 8 mg 정주로 치료하며 사용횟수와 총 사용량을 기록하였다. 서맥은 시술 전에 비해 20% 이상 심박동수가 감소하거나, 심박동 수가 50 회/분 이하인 경우로 하고, atropine 0.5 mg 정주로 치료하며 사용횟수와 총 사용량을 기록하였다.

술 후 3일간 저녁에 병실을 방문하여 두통, 요통, 배뇨곤란 유무를 확인하고 기록하였다.

각 군의 연령, 체중, 키, BMI는 두 표본에서 가정에 의한 t-검정을 하였고, 그 값은 평균 ± 표준편차로 나타내었다. 각 군의 차단된 척수 분절 점수는 Wilcoxon rank sum test로 비교하였다. 각 통계적 검정은 P 값이 0.05 미만인 것을 의미 있는 것으로 판정하였다.결과

마취된 척수분절의 높이는 약물 주입 후 20분까지

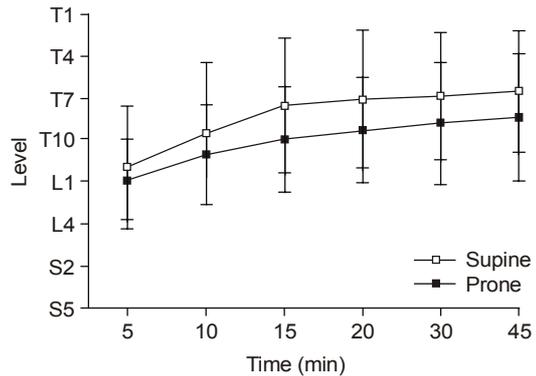


Fig. 1. Comparison of spinal anesthesia level between supine & prone position. Changes in the median upper level of pinprick blockade with time in supine or prone patients receiving 12 mg of intrathecal isobaric bupivacaine. The upper level of pinprick blockade was higher with supine group than with prone group. But, we did not prove it statistically.

Table 2. Comparison of Spinal Anesthesia Level Thoracic Vertebrae between Supine and Prone Position

Time	5 min	10 min	15 min	20 min	30 min	45 min
Supine	11.3 ± 3.0	9.7 ± 3.4	8.4 ± 3.2	8.1 ± 3.3	7.9 ± 3.0	7.7 ± 2.9
Prone	11.9 ± 1.9	10.7 ± 2.4	10.0 ± 2.5	9.5 ± 2.5	9.2 ± 2.9	8.9 ± 3.1
P value	0.6398	0.5859	0.1965	0.2895	0.2780	0.2902

All values except P value are expressed as mean ± SD.

**Table 3.** Intraoperative Complications of Spinal Anesthesia between Supine and Prone Position

	Supine	Prone
Respiratory depression	0	0
Bradycardia	2	0
Hypotension	1	1

Data are expressed as the number of patients.

증가하였으며, 20분 이후에는 고평부(plateau)를 이루어 관찰 시간 45분까지 유지되었다(Fig. 1, Table 2). 두 군간 가장 많은 차이를 보인 시간대는 15분에 측정된 것으로, S군에서는 8.4 흉추, P군에서는 10.0 흉추로 P군이 S군보다 낮았으나 통계적 유의성은 없었다( $P$ 값 = 0.1965).

술 중 통증을 호소하여 수술 진행에 문제가 된 경우는 없었다. 호흡 곤란을 호소하거나 동맥혈 산소포화도가 95% 이하로 측정된 환자는 없었다. 저혈압은 P군과 S군에서 각 1예씩 관찰되었으며, ephedrine 8 mg 1회 정주로 정상화되었다. 서맥은 S군에서 2예 관찰되었으나, atropine 0.5 mg 1회 정주로 모두 정상화되었다(Table 3).

술 후 합병증으로 경막천자에 의한 두통은 양군에서 없었다. 요통은 S군에서 2예가 있었으나 심각한 정도는 아니었고 수술 다음날에는 완화되었으며, P군에서는 5예가 있었으나 모두 척추후궁절제술을 받은 환자로 수술에 의한 요통과 감별이 어려웠다. 배뇨장애는 S군에서 1예, P군에서 2예가 있었으나, 1회의 도뇨관을 이용한 배뇨 후 자연 소실되었다(Table 4).

## 고 찰

복와위로 수술 시 척추마취를 시행하였을 때, 수술 부위를 지배하는 신경의 차단은 충분하면서 고위 차단이 가능성이 적다면, 복와위로 수술을 시행할 때에 이러한 척추마취의 방법을 선택하는 것이 전신마취의 위험도를 감소시키는 적절한 마취의 한 방법이라 할 수 있을 것이다.<sup>9)</sup> 이는 고위척수차단이 발생할 경우 일어날 수 있는 합병증인 저혈압, 서맥, 호흡억제 등의 발생 가능성이 감소하기 때문이

**Table 4.** Postoperative Complications of Spinal Anesthesia between Supine and Prone Position

	Supine	Prone
Headache	0	0
Low back pain	2	0 (5)
Voiding difficulty	1	2

Data are expressed as the number of patients. ( ); Number of patients operated on lumbar spine.

다.<sup>10,11)</sup>

국소마취제는 등비중, 고비중 및 저비중으로 분류할 수 있다. 등비중이란 환자의 뇌척수액에 대한 국소마취제의 비중(baricity)의 비율이 1.0인 경우를 말한다. 1.0보다 큰 경우는 고비중이라 하고, 1.0보다 작은 경우는 저비중이라 한다.<sup>3)</sup> 뇌척수액의 specific gravity는 37°C에서 1.003-1.008이고, 등비중 bupivacaine의 specific gravity는 37°C에서 1.0001이다.<sup>3,12)</sup> 등비중 bupivacaine은 작용 시간이 2-2.5시간이므로 수술이 2시간 내에 끝나고, 체위에 따른 마취범위에 차이가 없다면, 양와위 뿐만 아니라 복와위 수술의 마취 시에도 등비중의 bupivacaine 척추마취는 유용하게 사용할 수 있는 마취의 한 방법이 될 것이다.<sup>13)</sup> 또한, 위에 제시한 근거에 의하여 호흡기 및 심혈관계 질환을 가진 환자들에서 전신마취보다 척추마취를 시행하는 이론적 근거가 될 수 있다고 하겠다.

척추마취 시 차단되는 척수분절의 범위는 기술상의 요인, 뇌척수액의 특성, 사용 약물의 특성, 환자의 요인 등 여러 가지 요소들의 영향을 받는다. 그중 가장 중요한 인자로 Kleinman은<sup>12)</sup> 국소마취제의 비중, 용량, 환자의 체위, 천자하는 척추의 분절을 제시하였다.

기술상의 요인에서 국소마취제 투여 시 바늘사단이 향하는 방향이 두측인 경우 미측을 향한 경우보다 지주막하강내 분포가 달라져 차단되는 척수 분절의 높이가 더 높아진다.<sup>14)</sup> 또한, 척추천자를 시행한 높이가 높을수록 차단되는 척수분절의 높이가 높다는 사실도 보고되었다.<sup>15)</sup> Gessel 등은<sup>16)</sup> 등비중 bupivacaine을 0.75 ml/sec의 속도로 주입한 군과 1 ml/min으로 주입한 군에서 차이가 없음을 보고하였으나, Bourke 등은<sup>17)</sup> 25 G 바늘을 사용하였을 때 0.017

ml/sec 이상의 속도로 국소마취제를 투여하면 와류가 발생하므로 차단되는 척수분절의 높이에 차이가 있음을 보고하였다. 이는 주입속도도 차단되는 척수분절에 영향이 있을 수 있음을 의미하나, 임상적으로 과도하게 장시간에 걸쳐 약물을 주입하는 것이 어려우므로 보통 0.2 ml/sec의 속도로 주입하는 것이 일반적으로 받아들여지고 있다. 이런 척추마취 방법상의 차이가 차단되는 척수분절에 영향을 주므로 척추마취 시에는 기술상의 여러 요소를 잘 고려하여야 한다.

뇌척수액의 특성에 따르면 요천추부에 존재하는 뇌척수액의 양은 차단되는 척수분절의 높이와 밀접한 연관이 있는데 뇌척수액의 양이 많을수록 차단되는 척수분절의 높이가 낮음이 보고되었다.<sup>18)</sup> 성별의 차이에 의한 뇌척수액의 비중 차이도 있는데 남자보다 여자에서 뇌척수액의 비중이 낮다는 사실도 알려져 있다.<sup>19)</sup> 이는 뇌척수액의 양과 비중이 차단되는 척수분절에 영향을 줄 수 있음을 의미한다. 뇌척수액에 압력이 가해지는 상황에서도 고위차단은 있을 수 있는데, 비만과 임신 등이 대표적인 경우이다.<sup>20,21)</sup> 나이 많은 환자가 젊은 환자보다 차단되는 척수분절의 높이가 높은 양상을 보이거나, 나이와 차단되는 척수분절의 높이 사이의 상관관계는 적은 편이었다. 하지만, 노인에서 신경의 축색(axon) 감소와 탈수초화(demyelination)로 인해 더 빠른 척추마취의 효과가 발현된다고 한다.<sup>22)</sup>

사용 약물의 특성에 따르면 같은 용량의 국소마취제라도 투여하는 용적이 클수록 차단되는 척수분절의 높이는 높아지고, 기간도 길어지고, 운동신경의 차단도 빨라진다고 보고되었다.<sup>23)</sup> 용량이 클수록 차단되는 척수 분절의 수가 많아진다는 것은 중요하고 당연한 사실로 받아들여지고 있다.<sup>24)</sup> 또한 비중의 차이 또한 체위에 따른 약물의 분포에 주요 요소로 인식되어진다.<sup>25)</sup> Blomqvist와 Nilsson은<sup>26)</sup> 상온에서 등비중인 약제는 37°C에서는 저비중임을 들어 등비중 bupivacaine이 저비중의 성향도 있음을 보고하였다. 이는 척추마취를 시행할 때 등비중의 bupivacaine이 체내로 들어가면 약한 저비중의 성향을 나타내어, 양와위 시에 고비중의 약물이 분포하는 것처럼 복와위 시에 저비중의 약물이 분포하게 되어 고위차단의 가능성이 높아지게 된다.

체위에 따른 연구에서 Wildsmith 등은<sup>27)</sup> 등비중으

로 만든 amethocaine은 환자의 체위에 따른 영향을 받지 않는다고 보고하였다. 그래서, 고비중의 bupivacaine은 두측으로 이동이 많으나 등비중의 bupivacaine은 상대적으로 이동이 적어 차단되는 척수 분절의 수가 적다.<sup>28)</sup> 이런 점으로 보아 등비중의 척추마취는 고위 차단의 가능성이 적다는 장점이 있으나, 반면에 환자의 체위의 변화에 의해서 차단되는 척수분절을 조절할 수 없다는 단점이 있고, 따라서 상위 흉추 분절까지 차단이 필요한 수술의 경우에는 사용하기 어렵다.<sup>13)</sup>

본 연구에서는 차단되는 척수분절의 높이에 영향을 줄 수 있다고 알려진 요소들 중 체위를 제외한 요소들은 두 군간의 차이가 없도록 하고, 체위만을 다르게 하여 등비중 bupivacaine의 체위에 따른 변화를 보고자 하였다.

차단된 척수분절의 높이를 보면 S군과 P군에서 통계적으로 유의한 차이를 보이지는 않았다. 하지만, S군에서 P군보다 15분 이후로는 평균 차단되는 척수분절이 1.6분절 정도 차이가 있음을 알 수 있다. 이는 임상적으로는 큰 의미를 가질 수 있다. 자율신경계 중 교감신경계는 흉추 1번에서 요추 3번에 걸쳐 교감신경계의 열기를 이루고 있다.<sup>29)</sup> 따라서, 2분절 이상 차단된 척수분절의 차이가 있다면, 교감 신경 차단 효과에 의한 혈관 확장에 의하여 혈압의 차이를 유발 할 것이므로, 등비중 bupivacaine 척추마취가 복와위에서 안전한 마취라 할 수 있다.

이렇게 S군보다 P군에서 차단된 척수분절의 높이가 낮은 이유로는 복와위에서 경막외강의 압력 감소로 인한 뇌척수액의 압력 변화를 생각할 수 있다. Shah는<sup>30)</sup> 복와위 시 경막외강의 정맥들에서 혈액이 재분배됨에 따라 정맥압이 감소하고, 뇌척수액의 압력이 감소함을 보고하였다. 이런 압력의 감소가 투여된 국소마취제의 이동을 감소시켜 차단되는 척수분절의 수를 감소시켰다고 생각할 수 있다. 복와위 시 Wilson frame을 정확히 사용한다면, 복압을 감소시키고 수술 중의 출혈을 감소시킬 수 있음이 보고되었다.<sup>31)</sup> 따라서 본 연구에서 복와위 시 복압을 증가시키지 않으려는 시도가 성공적이어서 앞에 기술한 결과가 있었을 것이다.

수술 중에 통증을 호소한 환자는 한 명도 없었다. 그럼에도 불구하고 고위차단의 양상을 나타내는 저혈압과 서맥을 보인 환자가 S군에 비해 P군에서 적

은 것으로 보아, 등비중 bupivacaine을 복와위로 수술 받는 환자에게 사용하는 것이 양와위로 수술 받는 환자에 비해 그 효과나 안전성이 손색없다는 것을 알 수 있다.

술 후의 합병증은 두통이 S군에서 1예 있었으나, 수술 전부터 가끔씩 두통을 호소하여 편두통을 2년 전에 진단 받은 환자였으며 경막 천자 후 두통의 진단 기준에 부합하지는 않았다. 요통은 S군에서 2예 있었으나 수술 다음날에는 완화되었으며, P군에서는 요추 후궁 절제술을 시행 받은 환자가 5명 있어 수술 부위 통증과의 감별이 어려웠다. 하지만, 나머지 P군 환자에서는 요통이 관찰되지 않았다. 배뇨곤란은 S군과 P군에서 각각 1예, 2예가 있었으나, 1회의 도뇨관을 이용한 배뇨 후 수술 당일 자정 이전에 자가 배뇨가 가능하였다.

등비중 bupivacaine을 사용한 척추마취 시 frame을 사용한 복와위와 양와위로 수술 받는 환자간에 차단된 척수분절은 통계적, 임상적으로 차이가 없었다. 또한, 부작용의 발생률에서도 차이가 없었다. 따라서, frame을 사용하여 정맥혈 환류에 지장을 주지 않을 경우, 복와위로 수술 받는 환자에서 등비중 bupivacaine 척추마취는 양와위로 수술 받는 환자의 경우와 마찬가지로 전신 마취의 위험도가 큰 환자에게 적용할 수 있는 유용한 마취 방법이라 할 수 있다.

또한, 앞으로의 과제는 마취제의 작용 시간의 한계가 중요한 제한 요소 중의 하나이므로 지주막하강 내 도관에 의한 지속적 약물 주입을 위한 도관 삽입과 약물의 지속적 주입량에 관한 더 많은 연구가 있어야 할 것으로 생각된다.

### 참 고 문 헌

- Liu SS, McDonald SB: Current issues in spinal anesthesia. *Anesthesiology* 2001; 94: 888-906.
- Fleisher LA: Risk of anesthesia. In: *Anesthesia*. 5th ed. Edited by Miller RD: San Francisco, Churchill Livingstone. 2000, pp 795-823.
- Phero JC, Bridenbaugh PO, Edstrom HH, Hagenouw RR, Knarr D, Mukkada TA, et al: Hypotension in spinal anesthesia: a comparison of isobaric tetracaine with epinephrine and isobaric bupivacaine without epinephrine. *Anesth Analg* 1987; 66: 549-52.
- Greene NM: Distribution of local anesthetic solutions within the subarachnoid space. *Anesth Analg* 1985; 64: 715-30.
- Brown DL: Spinal, epidural, and caudal anesthesia. In: *Anesthesia*. 5th ed. Edited by Miller RD: San Francisco, Churchill Livingstone. 2000, pp 1491-519.
- Bannister J, McClure JH, Wildsmith JAW: Effect of glucose concentration on the intrathecal spread of 0.5% bupivacaine. *Br J Anaesth* 1990; 64: 232-4.
- Schiffner E, Gessel EV, Fournier R, Weber A, Gamulin Z: Cerebrospinal fluid density influences extent of plain bupivacaine spinal anesthesia. *Anesthesiology* 2002; 96: 1325-30.
- Weier T, Quest F, Nolte H, Meyer J: The effect of patient positioning on the spread of sensory blockade in hyperbaric and isobaric spinal anesthesia using bupivacaine. *Reg Anaesth* 1990; 13: 163-7.
- Bode RH, Lewis KP, Zarich SW, Pierce ET, Roerts M, Kowalchuk GJ, et al: Cardiac outcome after peripheral vascular surgery. Comparison of general and regional anesthesia. *Anesthesiology* 1996; 84: 3-13.
- Abouleish E, Giezantner A: Heart rate changes with high spinal anesthesia. *Anesth Analg* 1992; 74: 774-5.
- Chung RA, Goodwin AM: Transient ischemic attack after spinal anesthesia. *Br J Anaesth* 1991; 67: 635-79.
- Kleinman W: Spinal, epidural, & caudal blocks. In: *Clinical anesthesiology*. 3rd ed. Edited by Morgan GE, Mikhail MS, Murray MJ, Larson CP: Los Angeles, Lange. 2001, pp 253-80.
- Bernards CM: Epidural and spinal anesthesia. In: *Clinical anesthesia*. 4th ed. Edited by Barash PG, Cullen BF, Stoelting RK: Philadelphia, Lippincott Williams & Wilkins. 2001, pp 689-713.
- Urmey WF, Stanton J, Bassin P, Sharrock NE: The direction of the Whitacre needle aperture affects the extent and duration of isobaric spinal anesthesia. *Anesth Analg* 1997; 84: 337-41.
- Tuominen M, Taivainen T, Rosenberg PH: Spread of spinal anaesthesia with plain 0.5% bupivacaine: influence of the vertebral interspace used for injection. *Br J Anaesth* 1989; 62: 358-61.
- Gessel EV, Praplan J, Fuchs T, Forster A, Gamulin Z: Influence of injection speed on the subarachnoid distribution of Isobaric bupivacaine 0.5%. *Anesth Analg* 1993; 77: 483-7.
- Bourke DL, Sprung J, Harrison C, thomas P: High injection speed overwhelms other maneuvers for controlling the spread of spinal anesthesia. *Anesth Analg* 1995; 81: 427-8.
- Carpenter RL, Hogan QH, Liu SS, Crane B, Moore

- J: Lumbosacral cerebrospinal fluid volume is the primary determinant of sensory block extent and duration during spinal anesthesia. *Anesthesiology* 1998; 89: 24-9.
19. Schiffer E, Gessel V, Gamulin Z: Influence of sex on cerebrospinal fluid density in adults. *Br J Anaesth* 1999; 83: 943-4.
  20. McClulloch WJD, Littlewood DG: Influences of obesity on spinal analgesia with isobaric 0.5% bupivacaine. *Br J Anaesth* 1986; 58: 610-4.
  21. Hogan QH, Prost R, Kulier A, Taylor ML, Liu S, Mark L: Magnetic resonance imaging of cerebrospinal fluid volume and the influence of body habitus and abdominal pressure. *Anesthesiology* 1996; 84: 1341-9.
  22. Pitkanen M, Haapaniemi L, Tuominen M, Rosenberg PH: Influence of age on spinal anaesthesia with isobaric 0.5% bupivacaine. *Br J Anaesth* 1984; 56: 279-84.
  23. Axelsson KH, Edstrom HH, Widman GB: Spinal anaesthesia with glucose-free 0.5% bupivacaine: effects of different volumes. *Br J Anaesth* 1984; 56: 271-8.
  24. Taivainen T, Tuominen M, Rosenberg PH: Spread of spinal anaesthesia using various doses of plain 0.5% bupivacaine injected at the LIV-V interspace. *Acta Anaesthesiol Scand* 1989; 33: 652-5.
  25. Malinovsky JM, Renaud G, Corre PL, Charles F, Lepage JY, Malinge M, et al: Intrathecal bupivacaine in humans. *Anesthesiology* 1999; 91: 1260-6.
  26. Blomqvist H, Nilsson A: Is glucose-free bupivacaine isobaric or hypobaric? *Reg Anaesth* 1989; 14: 195-8.
  27. Wildsmith JAW, McClure JH, Brown DT, Scott DB: Effects of posture on the spread of isobaric and hyperbaric amethocaine. *Br J Anaesth* 1981; 53: 273-8.
  28. Chambers WA, Edstrom HH, Scott DB: Effect of baricity on spinal anaesthesia with bupivacaine. *Br J Anaesth* 1981; 53: 279-82.
  29. Moss J, Renz CL: The autonomic system. In: *Anesthesia*. 5th ed. Edited by Miller RD: San Francisco, Churchill Livingstone. 2000, pp 523-77.
  30. Shah JL: Effect of posture on extradural pressure. *Br J Anaesth* 1984; 56: 1373-7.
  31. Park CK: The effect of patient positioning on intraabdominal pressure and blood loss in spinal surgery. *Anesth Analg* 2000; 91: 552-7.
-