

# 제왕절개술을 위한 척추마취 시 국소마취제 주입 속도가 저혈압에 미치는 영향

강용인 · 방은치 · 신동욱 · 권대은 · 김수연 · 이현숙 · 조경숙 · 이수연

차의과학대학교 강남차병원 마취통증의학교실

## Effect of Injection Speed of Local Anesthetic on Hypotension during Spinal Anesthesia for Cesarean Section

Yong In Kang, Eun Chi Bang, Dong-Wook Shin, Dae Eun Kweon, Su Yeon Kim, Hyun Sook Lee, Kyung Sook Cho, Su Yeon Lee

Department of Anesthesia and Pain Medicine, Gangnam Medical Center, CHA University, Seoul, Korea

**Objectives:** Maternal hypotension is a common problem during cesarean section under spinal anesthesia. We evaluated the influence of injection speed of local anesthetic to subarachnoid space on maternal hypotension and level of sensory block.

**Methods:** Bupivacaine (0.5%) 9 mg with fentanyl 10 µg was injected to subarachnoid space either quickly (during 20 seconds, 0.1 mL/sec, n=20) or slowly (during 100 seconds, 0.02 mL/sec, n=20) in parturients scheduled for elective cesarean section. The onset and level of sensory block was checked and heart rate and blood pressure was checked by 2.5 minutes during 20 minutes. Hypotension (systolic blood pressure < 100 mmHg or < 70% of baseline) was treated with ephedrine.

**Results:** Hypotension occurred 70% of parturients with spinal anesthesia. Slow injection didn't influence on the onset and level of sensory block and didn't reduce the incidence of hypotension. But onset of hypotension was delayed.

**Conclusion:** Slow injection (during 100 seconds, 0.02 mL/sec) of local anesthetic delayed onset of hypotension and required less amount of ephedrine. Slow injection of local anesthetic was one of the effective methods for the cardiovascular stability during cesarean section under spinal anesthesia. (**Ewha Med J 2012;35(2):83-88**)

**Key Words:** Anesthesia; Cesarean section; Hypotension; Speed; Spinal injection

### 서론

제왕절개술 마취를 시행하는데 있어서 척추마취는 경막외마취에 비해 시술 과정이 간단하면서 발현 시

간이 짧으며, 적은 용량의 국소마취제로 원하는 부위의 마취를 할 수 있어 전신적 독성이 적고 신경 차단 효과가 우수한 장점이 있다[1]. 반면 마취 시간이 한정되어 있으며 개인 차이에 따른 마취 차단 높이 조절이 어렵고 특히, 저혈압 발생률이 68~92%로 높은 단점이 있다[2].

산모에게 척추마취를 시행하게 되면 차단부위의 교감신경 차단으로 인해 혈관이 확장되고 양와위저혈압 증후군 때문에 저혈압이 심해지며 오심, 구토, 불안정한 심혈관계 반응으로 저혈압, 빈맥, 서맥, 부정맥 등

Received: June 5, 2012, Accepted: July 2, 2012

Corresponding author: Yong In Kang, Department of Anesthesia and Pain Medicine, Gangnam Medical Center, CHA University, 566 Nonhyeon-ro, Gangnam-gu, Seoul 135-913, Korea  
Tel: 82-2-3468-3080, Fax: 82-2-558-1119  
E-mail: anein09@hanmail.net

이 발생한다. 저혈압 발생 시에는 자궁 혈류 감소로 인해 태아에게는 산증과 저산소증, 서맥이 올 수 있으므로[3,4] 혈압 상승제를 이용한 즉각적 교정이 필요하며 저혈압의 발생 빈도를 감소시키기 위해 수액 주입과 양와위저혈압증후군 예방을 위한 우측둔부췌기 양와위 자세를 취하고 예방적으로 ephedrine을 투여하기도 한다.

척추마취 시 발생하는 저혈압 발생은 마취 차단 높이와 연관이 있으며 차단 높이는 환자의 나이, 신장, 국소마취제의 비중과 용량, 척추 천자 부위와 바늘 방향, 국소마취제 주입 후의 자세, 복압 등이 영향을 미치며 환자 체중, 국소마취제의 주입 속도, 혈관수축제 혼합여부, 기침은 영향을 미치지 않는다[5]. Bucx 등[6]과 Stienstra 등[7]은 지주막하강으로의 국소마취제 주입 속도와 마취 차단 높이, 저혈압 발생에 대한 반복 연구에서 연관성이 없다고 보고하였지만, 저자들은 임상적으로 산모에게 척추마취를 시행하면서 국소마취제의 주입 속도와 혈압 하강 정도가 연관이 있는 경험을 하였기에 본 연구를 시행하였다. 따라서 본 연구에서는 산모에게 척추마취 시 국소마취제 주입속도가 저혈압 발생 빈도 및 혈압 하강 정도, 마취 차단 높이에 영향을 미치는지 알아보고 주입 속도가 느린 경우 저혈압을 감소시킬 수 있는지를 알아보았다.

## 방 법

선택적 제왕절개술이 예정된 미국마취과학회 신체 등급 분류 1~2에 해당하는 산모를 대상으로 본 연구를 시행하였으며 쌍태아, 전치태반, 임신중독성 고혈압이 있는 산모는 연구에서 제외시켰다. 제왕절개술을 통해 분만을 원하는 산모에게 척추 천자 후 지주막하강으로 0.5% bupivacaine 9 mg과 fentanyl 10 µg을 0.1 mL/sec 속도로 20초간 주입하는 군(group F) 20명과 0.02 mL/sec 속도로 100초간 주입하는 군(group S) 20명을 무작위로 선택하였다. 산모가 수술실 입실 후 하트만 용액을 정맥으로 빠른 속도로 정주하면서 산모의 심박 수, 수축기혈압, 이완기 혈압, 맥박산소포화도를 측정하였다. 산모를 좌측위로 한 뒤 요추 3~4 간에 26 G Whitacre 바늘 사면을 위로 하여 천자하였다. 뇌척수액의 유출을 확인한 후 지주막하강으로 0.5% bupivacaine 9 mg과 fentanyl 10 µg을 20초간, 100초간 주입하였다. 약물 주입 후 환자를 양와위로 하고 우측둔부에 췌기를 넣어 양와위저혈압증후군을 예방하였다. 지주막하강으로 국소마취제 주입 완료 후부터 지

속적으로 알코올 솜을 사용하여 마취 차단높이와 마취 시작 시간을 기록하였다. 척추마취 후 심전도와 자동 혈압기, 맥박산소계측기를 이용하여 2.5분 간격으로 20분 동안 심박 수, 수축기혈압, 이완기 혈압, 맥박 산소포화도를 측정하였고, 기준치 수축기 혈압이 100 mmHg 이하로 내려가거나 30% 이상 감소 시 ephedrine 8 mg을 정주하였으며 수축기 혈압이 100 mmHg 이상, 처음 수축기혈압의 70% 이상 될 때까지 반복 정주하였고 ephedrine에 반응이 없는 경우 phenylephrine을 20 µg을 정주하였다. Ephedrine이 처음 사용된 시간과 총 투여량을 기록하였다. 척추마취 후 수술 시작 시간과 태아 분만시간, 태아 Apgar 1분, 5분 점수를 기록하였고 20분간 산모에게 주입된 수액의 양을 측정하였다. 산모에게 오심, 구토증상이 있는지 여부를 기록하였다.

모든 측정치는 평균±표준편차로 표시하였다. 통계는 SPSS version 20.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA)을 이용하였으며 두 군 간의 심박수, 수축기혈압, 이완기 혈압, 척추마취 차단 높이, 마취가 시작 된 시간, 수술 시작 시간, 태아 분만 시간과 체중, Apgar 점수, 수액 총투여량, ephedrine 총사용량, 처음 투여 시간은 independent t test로 검증하였고 두 군 간의 ephedrine 사용 건수, 오심 증상 건수는 Pearson chi-square test를 이용하여 분석하였다. P값이 0.05 미만인 것을 통계학적으로 의미가 있는 것으로 보았다.

## 결 과

제왕절개술을 시행 받기 위해 척추마취를 시행 받을 때 국소마취제의 주입 속도가 0.1 mL/sec로 빠른 군(group F)와 0.02 mL/sec로 느린 군(group S)간에 산모 나이, 신장, 체중, 임신주수는 차이가 없었다(Table 1).

수술 시작 시간, 태아 분만 시간, 태아 1분, 5분 Apgar 점수, 태아 체중, 20분간 투여된 수액양도 두

Table 1. Patient characteristics

| Characteristic           | Fast group (n=20) | Slow group (n=20) |
|--------------------------|-------------------|-------------------|
| Age (yr)                 | 32.9±3.26         | 33.4±3.07         |
| Height (cm)              | 160.9±3.45        | 162.4±5.38        |
| Weight (kg)              | 68.4±9.41         | 69.0±5.76         |
| Intrauterine period (wk) | 38.3±0.85         | 38.2±0.70         |

There are no significant differences between two groups. The values are presented as mean±SD.

군 간에 유의한 차이가 없었다(Table 2). 척추마취 차단 높이는 빠른 군이 4.35±0.88 흉추분절, 느린 군이 4.70±0.92 흉추분절로 두 군 간에 차이는 없었으며 마취 시작 시간도 빠른 군이 2.60±0.94분, 느린 군이 3.10±0.91분으로 두 군 간 차이는 없었다(Table 2).

Ephedrine 사용 건수는 빠른 군에서 13명으로 65%였고 느린 군에서는 15명으로 75%로 두 군 간에 저혈압 발생 빈도는 유의한 차이가 없었다. 총사용량은 빠른 군은 19.77±10.28 mg, 느린 군은 17.87±8.13 mg으로 두 군 간에 유의한 차이는 없었다(Table 3). 처음 ephedrine 사용 시간은 빠른 군이 5.96±1.63분, 느린 군이 7.17±3.26분으로 유의한 차이가 있었다. 빠른 군에서 1명이 국소마취제 주입 후 7.5분에 수축기 혈압이 53 mmHg, 이완기 혈압이 29 mmHg 발생하여 ephedrine을 반복해서 40 mg을 투여하였으나 구토 증상이 심하고 심혈관계 반응이 안정화되지 않아 phenylephrine을 20 µg을 사용하여 혈압을 상승시켰다.

**Table 2.** Data between two groups

| Variable                   | Fast group (n=20) | Slow group (n=20) |
|----------------------------|-------------------|-------------------|
| Spinal anesthesia          |                   |                   |
| Onset time (min)           | 2.60±0.94         | 3.10±0.91         |
| Level (thoracic dermatome) | 4.35±0.88         | 4.70±0.92         |
| Neonate outcome            |                   |                   |
| Body weight (kg)           | 3.18±0.43         | 3.39±0.38         |
| Apgar score (1 min)        | 7.95±0.22         | 8.00±0.00         |
| Apgar score (5 min)        | 8.90±0.45         | 9.00±0.00         |
| Incision time (min)        | 8.45±1.47         | 7.40±2.32         |
| Delivery time (min)        | 14.20±2.39        | 13.40±3.24        |
| Fluid during 20 min (mL)   | 885.0±308.26      | 772.5±306.7       |

There are no significant differences between two groups. Values are presented as mean±SD.

**Table 4.** Hemodynamic data in two groups

| Minutes        | 0          | 2.5        | 5          | 7.5        | 10         | 12.5       | 15         | 17.5       | 20         |
|----------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| SBP (mmHg)     |            |            |            |            |            |            |            |            |            |
| Fast group     | 117.2±26.6 | 115.7±11.2 | 106.1±11.3 | 104.2±13.5 | 105.9±15.8 | 112.3±11.7 | 118.6±14.0 | 123.5±11.3 | 122.2±8.1  |
| Slow group     | 122.8±10.1 | 120.6±15.0 | 107.9±16.2 | 105.8±20.5 | 111.8±15.2 | 111.4±16.4 | 124.0±17.3 | 121.9±12.7 | 117.8±10.5 |
| DBP (mmHg)     |            |            |            |            |            |            |            |            |            |
| Fast group     | 78.1±7.8   | 70.2±8.0   | 64.4±10.3  | 60.4±9.3   | 61.9±11.7  | 68.2±7.6   | 70.3±9.9   | 72.0±8.1   | 69.6±6.9   |
| Slow group     | 78.0±8.0   | 71.4±12.6  | 61.4±11.9  | 60.1±13.2  | 63.5±9.8   | 64.9±11.2  | 69.4±4.1   | 67.5±11.2  | 65.7±12.2  |
| HR (beats/min) |            |            |            |            |            |            |            |            |            |
| Fast group     | 80.1±15.3  | 85.7±13.1  | 91.1±12.2  | 91.3±14.9  | 84.0±18.1  | 79.6±15.5  | 79.8±14.9  | 75.5±10.7  | 83.0±10.5  |
| Slow group     | 86.9±20.8  | 86.1±17.7  | 87.8±18.1  | 90.0±22.8  | 90.9±24.5  | 89.1±25.8  | 86.3±24.8  | 84.7±18.5  | 88.4±16.2  |

There are no significant differences between two groups in SBP, DBP and HR. Values are presented as mean±SD. SBP, systolic blood pressure; DBP, diastolic blood pressure; HR, heart rate.

척추마취 시작 전, 마취 시작 후 20분간 수축기혈압, 이완기혈압, 심박수, 맥박산소포화도를 2.5분 간격으로 측정한 결과 두 군 간 혈압 하강 정도에 유의한 차이는 없었다(Table 4).

오심, 구토는 빠른 군에서 7명(35%) 발생하였고 느린 군에서는 5명(25%) 발생하였으며 두 군 간에 유의한 차이는 없었다.

## 고 찰

산모들은 임신 전보다 혈액량이 40% 증가되어 있으나 부위 마취를 시행하게 되면 교감 신경이 차단되어 말초 혈관이 확장되고 심장으로의 정맥 혈류가 감소하여 심박출량이 감소하며 임신에 의한 자궁으로 대정동맥이 압박을 받아 저혈압 발생이 많다. 4번째 흉추분절보다 낮게 교감신경이 차단된 경우 차단이 안된 상부 부위의 혈관수축작용으로 혈압 하강이 어느 정도 조절되는데 제왕절개술의 경우 4번째 흉추분절 이상 마취를 시행하게 되므로 차단 높이가 높을수록 저혈압 발생이 더욱 잘 유발된다. 특히 척추마취는 경막외마취보다 작용 시간이 빨라 심혈관계 보상 발현

**Table 3.** Ephedrine data

| Variable                   | Fast group (n=20) | Slow group (n=20) |
|----------------------------|-------------------|-------------------|
| Number of use              | 13 (65%)          | 15 (75%)          |
| Total amount (mg)          | 19.77±10.28       | 17.87±8.13        |
| First injection time (min) | 5.96±1.63*        | 7.17±3.26*        |

There are significant difference between two groups in the first ephedrine injection time but no differences in the number of use and amount of ephedrine. Values are presented as mean±SD. \*P<0.05 between two groups.

시간이 부족해 저혈압 발생률이 높아진다.

척추마취 시 국소마취제 주입 속도와 마취 차단 높이에 대해서 여러 저자들은 상관관계가 없다고 보고하고 있다. Bucx 등[6]은 0.5% bupivacaine 3 mL를 이용한 척추마취에 있어서 천천히 주입한 경우가 빠르게 주입한 경우보다 마취 높이가 1개의 피부분절 차이로 낮았지만 통계학적 의미는 없었다고 보고하였다. Van Gessel 등[8]도 0.5% bupivacaine 2 mL를 이용한 등비중 마취에서 국소마취제 주입 속도가 마취에 미치는 영향이 없었으며, Prakash 등[9]도 0.5% bupivacaine 2 mL를 이용한 척추마취 시 국소마취제 주입 속도가 마취 차단에 미치는 영향은 없다고 보고하였다.

하지만 국소마취제 주입속도가 마취 차단 높이에 영향을 준다는 보고도 있는데 Atchison 등[10]은 고관절 수술 시 0.5% tetracaine을 이용한 저비중 국소마취제 5 mL 주입 시 10초 동안 주입한 군보다 250초 주입한 군이 마취높이가 4개의 분절이 낮게 차단되고 마취 시간이 길었다고 보고하였다. Horloker 등[11]은 고관절 수술 척추마취 시 0.5% bupivacaine 5 mL를 이용한 저비중 마취 시 0.5 mL/sec와 0.02 mL/sec 두 속도로 국소마취제 주입 시 빠른 주입 군에서 마취 차단이 4개 피부분절 높게 형성되었다고 보고하였다. 대부분 고비중에 비해 저비중, 등비중 국소마취제를 이용한 보고에서는 국소마취제 주입 속도가 마취 차단 높이에 영향을 준다는 연구 결과가 많은데 이는 0.5% bupivacaine을 식염수와 혼합하면서 부피가 늘어나 주입 속도가 빠를수록 소용돌이 현상이 생겨 차단 높이가 높게 올라가는 것이 아닌가 한다. 척추강 내로 국소마취제를 빠른 속도로 주입 시 소용돌이 현상으로 많이 혼합되어 척수액으로 퍼지며 천천히 주입할 경우에는 국소마취제가 주입구에 정체되어 차단 높이가 상승이 안되고 대신 마취 기간이 오래 지속될 수 있다고 하였다[10]. 천천히 주입하는 경우 마취 시작 시간이 긴 것은 노출된 마취 농도가 많고 마취 높이가 낮음으로 인해 혈관에 흡수될 수 있는 면적이 작아 제거가 늦게 되기 때문이 아닌가 하며 저비중 용액을 주입할 때 천천히 주입하면 소용돌이 현상이 덜 생겨서 주입액이 층을 형성하므로 마취 차단 높이가 덜 상승하게 된다[2]. 척추마취 시 영향을 미치지 않는 인자로 주입 속도를 언급하고는 있지만 저비중 마취인 경우는 예외로 하는 경우도 있다[5].

Holman 등[12]은 척추 모형을 이용한 고비중액 분포에 관한 실험에서 0.1 mL/sec 이하의 느린 속도로

주입 시 소용돌이 현상 없이 일정한 주입 흐름으로 국소적으로 약물이 존재한다고 보고하였다. Bourke 등[13]의 연구에 의하면 주입 속도가 0.017 mL/sec 이상인 경우에 국소마취제 주입 시 소용돌이 현상을 만들게 되는데 속도가 빠를수록 소용돌이가 더 생겨 퍼지게 되고 느린 경우는 소용돌이가 덜 생기면서 척수액과 섞이게 된다. 너무 빠르게 주입하는 경우 마취 차단 높이가 올라가 저혈압 발생이 심할 수 있고 너무 느리게 주입하게 되면 국소마취제가 국소적으로 존재하여 차단 높이가 낮아 수술 시 통증을 느낄 수 있을 것으로 생각하여 저자들은 0.02 mL/sec 느린 군과 0.1mL/sec 빠른 군을 선택하여 연구하였다.

이에 반해 Tuominen 등[14]은 오히려 0.17 mL/sec 속도로 천천히 주입한 경우 감각 차단이 높게 된다는 보고도 있고 오히려 0.5% bupivacaine을 천천히 주입한 경우 마취 높이가 상승했다는 보고도 있어[7] 국소마취제 주입 속도뿐만 아니라 농도, 용량, 부피, 환자의 자세 등 다양한 요소들이 영향을 미친다는 것을 알 수 있다. 또한 국소마취제의 온도도 영향을 줄 수 있는데 Davis와 King [15]은 국소마취제의 온도가 올라갈수록 비중은 감소하고 부피는 증가한다고 보고하였으며 0.5% bupivacaine이 실온에서는 고비중이지만 체온인 37°C에서는 등비중이 되며[16] 5 mL 주입액이 37°C 도달하는 데 3분이 걸린다고 하였다[10]. 빠른 주입 보다 천천히 주입하는 경우에 있어 비중의 변화가 와서 국소마취제의 이동에 영향을 줄 수 있다 하였으나 실제 적은 용량을 짧은 시간에 주입하므로 영향이 적을 것으로 추측되며 등비중, 저비중인 경우보다 고비중일 때 주입 속도를 빨리 해야 한다는 주장도 있다[17]. 또한 Neigh 등[18]은 바늘 주입구 방향의 중요성을 언급하였으며 바늘 방향을 머리 방향으로 하고 국소마취제를 주입한 경우 마취 차단이 높게 된다고 보고하였다.

따라서 저자들은 다른 조건들은 동일시하고 국소마취제 주입 속도만 달리하여 주입 속도가 저혈압 발생 빈도, 혈압 하강 정도, 마취 차단 높이, ephedrine 사용에 영향을 주는지 연구를 시작하였다. 본 연구에서 마취 차단 높이는 빠른 군이 2.60±0.94분에 4.35±0.88 흉추분절까지 차단되고, 느린 군은 3.10±0.91분에 4.70±0.92 흉추분절까지 차단 되어 두 군 간 차이는 없게 나왔다. 저혈압 발생은 40명 중 28명에서 발생하여 70%의 빈도를 보였다. 저혈압 발생은 빠른 군에서 13명(65%) 발생하였고 평균 ephedrine 사용량은 19.77±10.28 mg이며 느린 군에서는 15명(75%) 발생하였고

ephedrine 사용량은  $17.87 \pm 8.13$  mg으로 두 군 간에 유의한 차이는 없었다. 척추마취 후 발생한 저혈압 치료에는  $\alpha$ ,  $\beta$  교감신경수용체에 작용하며 자궁 혈관은 수축시키지 않는 ephedrine을 사용하며 ephedrine에 반응이 즉각적이지 않는 경우 phenylephrine을 사용한다[19]. Ephedrine은 심박출량과 말초혈관 저항을 회복시키지만 반복 투여 시 속성 내성이 생길 수 있음을 유념해야 하며  $\alpha$ 교감신경수용체에만 작용하는 phenylephrine 경우 전신혈관저항을 강력히 증가시켜 혈압을 유지시키기 때문에 경우에 따라서는 심박출량이 더욱 감소할 수 있으므로 전신혈관 저항이 심하게 감소된 경우에만 선택적으로 사용해야 된다. 척추마취 후 저혈압에 대한 보상 반응으로 혈압 유지를 위해 빈맥이 발생하나 간혹 1~4 흉추 부위에서 나오는 교감신경성 심장 촉진 섬유가 차단되는 경우 또는 정맥 환류량의 감소로 인해 우심방 및 대정맥에 위치하는 변시성 심장수용기의 자극으로 서맥이 발생하기도 한다[1]. 혈압 하강의 정도는 두 군 간 유의한 차이는 없었지만 처음 ephedrine 투여 시간은 빠른 군은  $5.96 \pm 1.63$ 분이며 느린 군은  $7.17 \pm 3.26$ 분으로 유의한 차이가 있었는데 이는 빠르게 주입하는 군에서 저혈압 발생이 더 빨리 발생하였다. 마취 시작 시간에 비해 저혈압 발생 시간은 3~4분 뒤에 발생하였으며 이는 차단 속도는 차이가 없지만 저혈압 발생 시간에는 영향을 준다는 것을 의미한다. 이는 빠른 군에서 저혈압 발생 시 교감 신경의 보상 작용 발현 시간이 충분하지 않음을 의미한다.

Simon 등[2]은 산모의 제왕절개술 시 10 mg bupivacaine을 사용하여 척추마취 시 15초로 빠르게 주입 한 경우보다 120초 천천히 주입 한 경우 저혈압 빈도도 낮고 마취 시작도 늦으며 마취 시간은 짧으며 ephedrine 요구량이 작았다고 보고하였다. Cho 등[20]은 bupivacaine을 이용한 일측성 마취 연구에서 느린 속도로 주입한 경우 일측성 마취도 성공하고 혈액학적 으로 안정되었다고 보고하였으며 Bouchnak 등[21]은 0.5 % bupivacaine을 사용한 경우 60초 동안 주입한 경우 20초 군보다 저혈압 발생이 적었다고 하였다.

본 연구에서 0.5% bupivacaine 2 mL를 100초 동안 0.02 mL/sec 속도로 천천히 주입하는 군에서 20초 동안 0.1 mL/sec 속도로 빠르게 주입하는 군에 비해 차단 높이나 저혈압 발생 빈도, 혈압 하강 정도는 별 차이가 없었으나 저혈압 발생 시간은 유의하게 천천히 주입하는 군에서 발생 시간이 늦었다. 통계학적 의미는 없었지만 국소마취제를 천천히 주입하는 군에서

ephedrine을 적게 사용하였으므로 국소마취제 주입 시 소용돌이 현상과 정체 현상을 고려하여 적절한 속도로 주입하는 것이 필요하며 가능한 천천히 주입하는 것이 산모의 심혈관계 안정을 위해 좋다고 생각한다.

## 참고문헌

1. The Korean Society of Anesthesiologists. Anesthesia. Seoul: Koonja Inc.; 2002.
2. Simon L, Boulay G, Ziane AF, Noblesse E, Mathiot JL, Toubas MF, et al. Effect of injection rate on hypotension associated with spinal anesthesia for cesarean section. *Int J Obstet Anesth* 2000;9:10-14.
3. Ebner H, Barcohana J, Bartoshuk AK. Influence of post-spinal hypotension on the fetal electrocardiogram. *Am J Obstet Gynecol* 1960;80:569-572.
4. Corke BC, Datta S, Ostheimer GW, Weiss JB, Alper MH. Spinal anaesthesia for Caesarean section: the influence of hypotension on neonatal outcome. *Anaesthesia* 1982;37:658-662.
5. Miller RD. Miller's anesthesia. 6th ed. San Francisco: Elsevier Inc.; 2005.
6. Bucx MJ, Kroon JW, Stienstra R. Effect of speed of injection on the maximum sensory level for spinal anesthesia using plain bupivacaine 0.5% at room temperature. *Reg Anesth* 1993;18:103-105.
7. Stienstra R, Gielen M, Kroon JW, Van Poorten F. The influence of temperature and speed of injection on the distribution of a solution containing bupivacaine and methylene blue in a spinal canal model. *Reg Anesth* 1990;15:6-11.
8. Van Gessel EF, Praplan J, Fuchs T, Forster A, Gamulin Z. Influence of injection speed on the subarachnoid distribution of isobaric bupivacaine 0.5%. *Anesth Analg* 1993;77:483-487.
9. Prakash S, Bhartiya V, Pramanik V, Pahilajani J, Gogia AR, Singh R. The effect of injection speed on the spinal block characteristics of hyperbaric bupivacaine 0.5% in the elderly. *J Anesth* 2010;24:877-881.
10. Atchison SR, Wedel DJ, Wilson PR. Effect of injection rate on level and duration of hypobaric spinal anesthesia. *Anesth Analg* 1989;69:496-500.
11. Horlocker TT, Wedel DJ, Wilson PR. Effect of injection rate on sensory level and duration of hypobaric bupivacaine spinal anesthesia for total hip arthroplasty. *Anesth Analg* 1994;79:773-777.
12. Holman SJ, Robinson RA, Beardsley D, Stewart SF, Klein L, Stevens RA. Hyperbaric dye solution distribution characteristics after pencil-point needle injection in a spinal cord model. *Anesthesiology* 1997;86:966-973.

13. Bourke DL, Sprung J, Harrison C, Thomas P. High injection speed overwhelms other maneuvers for controlling the spread of spinal anesthesia. *Anesth Analg* 1995;81:427-428.
14. Tuominen M, Pitkänen M, Rosenberg PH. Effect of speed of injection of 0.5% plain bupivacaine on the spread of spinal anaesthesia. *Br J Anaesth* 1992;69:148-149.
15. Davis H, King WR. Densities of cerebrospinal fluid of human beings. *Anesthesiology* 1954;15:666-672.
16. Brown DT, Wildsmith JA, Covino BG, Scott DB. Effect of baricity on spinal anaesthesia with amethocaine. *Br J Anaesth* 1980;52:589-596.
17. Greene NM. Distribution of local anesthetic solutions within the subarachnoid space. *Anesth Analg* 1985;64:715-730.
18. Neigh JL, Kane PB, Smith TC. Effects of speed and direction of injection on the level and duration of spinal anesthesia. *Anesth Analg* 1970;49:912-918.
19. The Korean Society of Obstetric Anesthesiologists. Obstetric anesthesia. Seoul: Koonja Inc.; 2009.
20. Cho HS, Son YS, Chung KD, Lee WH, Park JM, Chung JH, et al. The effect of injection speed of local anesthetic on success rate of unilateral spinal anesthesia. *Korean J Anesthesiol* 2005;49:793-797.
21. Bouchnak M, Belhadj N, Chaaoua T, Azaiez W, Hamdi M, Maghrebi H. Spinal anaesthesia for Caesarean section: dose injection speed have an effect on the incidence of hypotension? *Ann Fr Anesth Reanim* 2006;25:17-19.