



고혈압이 있는 노인환자에서 한쪽 또는 양쪽 척추마취에 의한 즉각적인 혈류역학적 변화 비교

조우진¹ · 윤소희² · 오지훈¹ · 이금오³ · 김현정²

¹제주대학교병원 마취통증의학과, ²제주대학교 의학전문대학원 마취통증의학교실, ³제주대학교 의학전문대학원

Comparison of the immediate hemodynamic changes induced by unilateral and bilateral spinal anesthesia in hypertensive elderly patients

Woo Jin Cho¹, So Hui Yun², Ji Hun Oh¹, Keumo Lee³, and Hyun Jung Kim²

¹Department of Anesthesiology and Pain Medicine, Jeju National University Hospital,

²Department of Anesthesiology and Pain Medicine, Jeju National University School of Medicine, ³Jeju National University School of Medicine, Jeju, Korea

Received October 10, 2018
Revised 1st, November 14, 2018
2nd, December 14, 2018
3rd, December 14, 2018
Accepted December 14, 2018

Corresponding author

Hyun Jung Kim, M.D., Ph.D.
Department of Anesthesiology
and Pain Medicine, Jeju National
University School of Medicine, (the
building #2) 15 Aran 13-gil, Jeju
63241, Korea
Tel: 82-64-717-2026
Fax: 82-64-717-1131
E-mail: hjanesthesia@empas.com
ORCID
https://orcid.org/0000-0002-4852-7165

Background: The objective of this study was to compare the frequency of hypotension and immediate hemodynamic changes induced by unilateral and bilateral spinal anesthesia in hypertensive elderly patients.

Methods: Forty hypertensive elderly patients undergoing lower leg surgery were randomly allocated into unilateral (group US) and bilateral spinal anesthesia (group BS). After intrathecal bupivacaine injection, patients in group US were kept in the lateral position for 10 min while patients in group BS were immediately placed in the supine position. Hemodynamic parameters were measured for 20 min by non-invasive cardiac output monitor based on bioreactance.

Results: In both groups, mean arterial pressure was significantly decreased after spinal anesthesia compared to the baseline value. However, frequency of hypotension requiring vasoactive drug was significantly lower in group US (5%) than in group BS (35%) ($P = 0.044$). The dermatom of sensory block on the operated limb was significantly lower in group US [T_{10} (10-10)] than in group BS [T_{8} (7.5-10)] ($P = 0.013$). In comparison within the group, changes of cardiac index were similar as the baseline value in both groups, although total peripheral resistance index was constant in group US but significantly decreased in group BS.

Conclusions: Unilateral spinal anesthesia effectively reduced the frequency of hypotension requiring vasoactive drug and affected hemodynamic performance less than bilateral spinal anesthesia.

Keywords: Anesthesia, spinal; Elderly; Hemodynamics; Hypertension.

서론

한국 통계청의 장래인구추계 자료에 따르면 2016년 65세 이상의 노인인구가 전체 인구 구성비의 13.2%를 차지하고 있으며, 이는 점차 증가하여 2030년에는 24.5%까지 증가할 것으로 예상된다. 고령화 사회가 진행되면서 노인환자가 수술을 받는 경우도 늘어나고 있는데, 노인환자를 마취 관리할 때에는 동반된 만성 질환을 고려해야 한다. 보건복지부의 2016년 국민건강통계에 따르면 고혈압은 30세 이상의 성인에서 유병률이 29.1%에 이르는 가장 흔한 만성질환 중 하나이다[1,2].

척추마취(spinal anesthesia)는 다리 수술 시에 널리 사용되고 있는 마취 방법이나 저혈압 등과 같은 혈류역학적인 변화가 자주 동반된다. 특히 노인환자는 교감신경계가 활성화되고 저혈압에 대한 보상기전은 감소되어 척추마취 시 혈압 및 심장박출량(cardiac output)이 젊은 환자보다 심하게 감소할 수 있다. 따라서 척추마취 후 과도한 혈압 저하를 방지하고 보다 안정적인 혈류역학적 지표를 유지하고자 미리 수액을 정주하거나 저용량의 국소마취제를 사용하고 공기압지혈대를 사용하는 등의 방법이 사용되고 있다[3-6].

그 중 한쪽 척추마취(unilateral spinal anesthesia)는 양쪽 척추마취(bilateral spinal anesthesia)와 비교하여 마취된 피부분절의 높이를 낮추고 교감신경섬유의 차단을 줄여서 혈압 저하 예방에 효과적인 것으로 알려져 있다[7-10]. 그러나 기존의 연구들은 건강한 젊은 성인을 대상으로 하였거나, 노인환자를 대상으로 하였어도 고혈압이 있는 환자만을 대상으로 한 연구는 없었다. 그러므로 본 연구는 고혈압이 있는 노인환자에서 한쪽 척추마취가 양쪽 척추마취와 비교하여 즉각적인 저혈압 빈도를 줄일 수 있는지 확인하고, 두 종류의 척추마취가 심장박출량 등의 혈류역학적인 변화에 미치는 영향을 비교하고자 시행되었다.

대상 및 방법

본 연구는 정규수술로 다리 수술이 예정된 미국마취과학회 신체등급분류(American Society of Anesthesiologists physical status classification) II-III인 고혈압이 있는 65세 이상 노인환자를 대상으로 본원 의학연구윤리심의위원회(institutional review board, IRB)의 승인(no. 2015-12-007) 및 환자의 동의를 얻은 후 진행되었다. 85세 이상의 초고령 환자, 척추마취에 금기사항이 있는 환자, 기저치 수축기 혈압이 180 mmHg 이상인 환자, 중등도 이상의 심장판막 질환이나 관상동맥질환이 있는 환자, 그 외 조절되지 않는 중증 전신질환이 있는 환자는 본 연구에서 제외하였다.

대상 환자는 기존에 복용하던 고혈압치료제를 수술 당일 아침까지 복용하였고 그 외 마취전 투약은 시행하지 않았다. 환자

가 수술실에 도착하면 정질액 5 ml/kg을 주입하고 심전도와 맥박산소포화도계측기 및 비침습적 자동혈압기를 거치하여 활력징후를 감시하였다. 또한, 생체유도저항(bioreactance)을 이용한 비침습적 심장박출량측정기(Cheetah NICOM®, Cheetah Medical Inc., UK)를 거치하여 혈류역학적인 지표로 심박수(heart rate, HR), 평균동맥압(mean arterial pressure, MAP), 심장박출지수(cardiac index, CI), 박출량지수(stroke volume index, SVI), 전체말초저항지수(total peripheral resistance index, TPRi)를 측정하고 기저치로 설정하였다. 비침습적 자동혈압기는 환자가 수술을 받는 다리 쪽의 팔에 거치하였다.

환자는 컴퓨터 생성 난수표에 의한 무작위 배정으로 한쪽 척추마취(unilateral spinal anesthesia, US)군 또는 양쪽 척추마취(bilateral spinal anesthesia, BS)군으로 배정되었다. 환자의 수술할 다리를 아래로 하여 옆누운자세(lateral decubitus position)를 취하게 한 후 L3-4 또는 L4-5 척추강 내에 25 G Quincke 바늘을 삽입하였다. 뇌척수액이 나오는 것이 확인되면 바늘 끝 경사면을 아래로 향하게 하여 환자의 키에 따라 0.5% hyperbaric bupivacaine 8-10 mg을 15초 동안 천천히 투여하였다(키 150 cm 미만: 8 mg, 키 150 cm 이상 160 cm 미만: 9 mg, 키 160 cm 이상: 10 mg). US군에서는 10분 동안 옆누운자세를 유지한 후 바로누운자세(supine position)를 취하였고 BS군에서는 즉시 바로누운자세를 취하였다.

비침습적 심장박출량측정기를 이용하여 혈류역학적인 지표들을 3분, 5분, 10분, 15분 및 20분에 측정하여 기록하였다. 감시 중 수축기혈압이 기저치보다 30% 이상 감소하면 상대적 저혈압으로 정의하고 정질액 5 ml/kg을 빠르게 주입하였고, 수축기혈압이 90 mmHg 이하로 감소하면 절대적 저혈압으로 정의하여 ephedrine 5 mg을 투여하고 2분 후 혈압을 다시 측정하여 필요한 경우 ephedrine 5 mg을 추가로 투여하였다. 심박수가 45 beats/min 이하로 감소한 경우에는 atropine 0.5 mg을 투여하였다. 감시종료 시 수술할 다리의 운동능력과 통증감각이 차단된 피부분절의 높이를 측정하였다. 환자가 무릎이나 발을 움직일 수 있는 경우 불완전 마취로 정의하고 연구에서 제외하였다.

샘플 수는 각 군당 10명씩 시행한 예비연구에서 두 군 사이에 저혈압이 발생한 비율의 차이가 40%일 때 유의수준 0.05와 검정력 80%에서 군 당 17명이 필요하였다. 본 연구에서는 탈락률을 고려하여 군 당 20명으로 연구를 진행하였다.

통계분석은 IBM SPSS statistics 20 (IBM Co., USA)를 이용하였다. 군간의 범주형 자료는 chi-square test 또는 Fisher's exact test를 이용하여 비교하였고, 연속형 자료들은 Kolmogorov-Smirnov test를 이용하여 정규성을 검정한 후 Mann-Whitney test를 이용하여 비교하였다. 군내에서 기저치와 비교는 Wilcoxon test를 이용하였다. P 값이 0.05 미만인 경우 통계적으로 유의한 것으로 평가하였으며, 데이터는 중앙값

(사분범위)로 표시하였다.

결 과

대상 환자는 두 군에 각각 20명이 배정되어 총 40명을 대상으로 연구가 진행되었다. 성별, 나이, 몸무게, 키 및 복용중인 고혈압 약의 종류는 두 군간에 유의한 차이가 없었다(Table 1).

상대적 저혈압이 발생한 환자는 US군에서 4명(20%)이고 BS군에서 9명(45%)으로 두 군간에 유의한 차이가 없었고, 절대적 저혈압이 발생하여 ephedrine이 투여된 환자는 US군에서 1명(5%)이고 BS군에서 7명(35%)으로 두 군간에 유의한 차이가 있었다($P = 0.044$). Atropine을 투여할 정도의 서맥은 두 군 모두에서 발생하지 않았다. 정질액 투여량은 US군에서 314 (289.5, 365.3) ml이고 BS군에서 374.5 (305, 583.5) ml로 두 군 사이에

유의한 차이가 없었다. 환자가 무릎이나 발을 움직일 수 있는 불완전 마취는 두 군 모두에서 발생하지 않았고, 통증감각으로 측정된 마취된 피부분절의 높이는 US군에서 $T_{10(10-10)}$ 이고 BS군에서 $T_{8(7.5-10)}$ 으로 두 군간에 유의한 차이가 있었다($P = 0.013$).

군내 비교에서 MAP은 두 군 모두에서 모든 관찰 기간 동안 기저치와 비교하여 유의하게 감소하였다($P < 0.001$). HR는 US군에서 기저치(73 [65, 81] beats/min)보다 20분(64 [59, 77] beats/min)에 유의하게 감소하였고($P = 0.003$), BS군에서 기저치(69 [62, 74] beats/min)보다 3분(70 [65, 81] beats/min)과 5분(70 [66, 81] beats/min)에 유의하게 증가하였다($P = 0.006$, 0.004). CI와 SVI는 두 군 모두에서 관찰 기간 동안 기저치와 유의한 차이가 없었다. TPRI는 BS군에서 모든 관찰 기간 동안 기저치보다 유의하게 감소하였고($P < 0.05$), US군에서는 기저치와 통계적으로 유의한 차이가 없었다(Figs. 1, 2).

Table 1. Patient Characteristics

Variable	Group US (n = 20)	Group BS (n = 20)
Gender (M/F)	3/17	2/18
Age (yr)	74 (71, 77)	73 (69, 77)
Height (cm)	153.9 (149, 156.2)	153.3 (144.3, 156)
Weight (kg)	60.3 (57.2, 65.9)	59.2 (53.9, 70.3)
Hypertensive medication		
Angiotensin receptor blocker	14	11
Calcium channel blocker	10	6
Diuretic	7	7
β -blocker	3	6
α -blocker	2	4

Values are presented as number of patients or median (1Q, 3Q). There are no significant difference between two groups. US: unilateral spinal anesthesia, BS: bilateral spinal anesthesia.

고 찰

본 연구에서 고혈압이 있는 노인환자를 대상으로 한쪽 또는 양쪽 척추마취를 시행한 결과 두 군 모두에서 기저치와 비교하여 혈압이 감소하였다. 그러나 한쪽 척추마취를 시행한 환자는 양쪽 척추마취를 시행한 환자보다 혈관수축제를 필요로 하는 저혈압의 발생빈도가 낮았고 마취된 피부분절의 높이도 더 낮았다.

척추마취는 다리 수술 시에 널리 사용되고 있는 마취 방법이나 저혈압과 같은 혈류역학적인 변화가 자주 동반된다. 척추마취가 혈압을 저하시키는 주된 이유는 교감신경섬유를 차단하여 전신혈관저항(systemic vascular resistance)이 감소하고 혈관 확장으로 인한 다리와 내장정맥혈로 심장의 전부하(preload)가 감소하기 때문이다. 특히 노인의 경우 혈관과 심장의 탄력성 및 압력수용체 반사기능이 감소되어 있으면서 교감신경계는 항

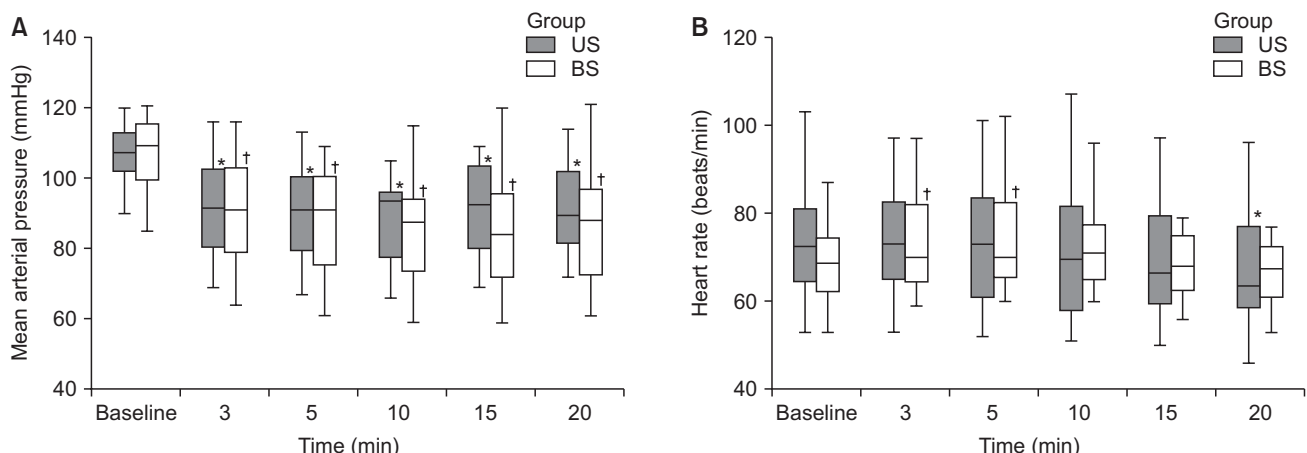


Fig. 1. Changes in mean arterial pressure (A) and heart rate (B) recorded before (baseline) and after spinal anesthesia. Values are presented as median (1Q, 3Q). There are no significant difference between two groups. US: unilateral spinal anesthesia, BS: bilateral spinal anesthesia. * $P < 0.05$ compared with baseline value in Group US. † $P < 0.05$ compared with baseline value in Group BS.

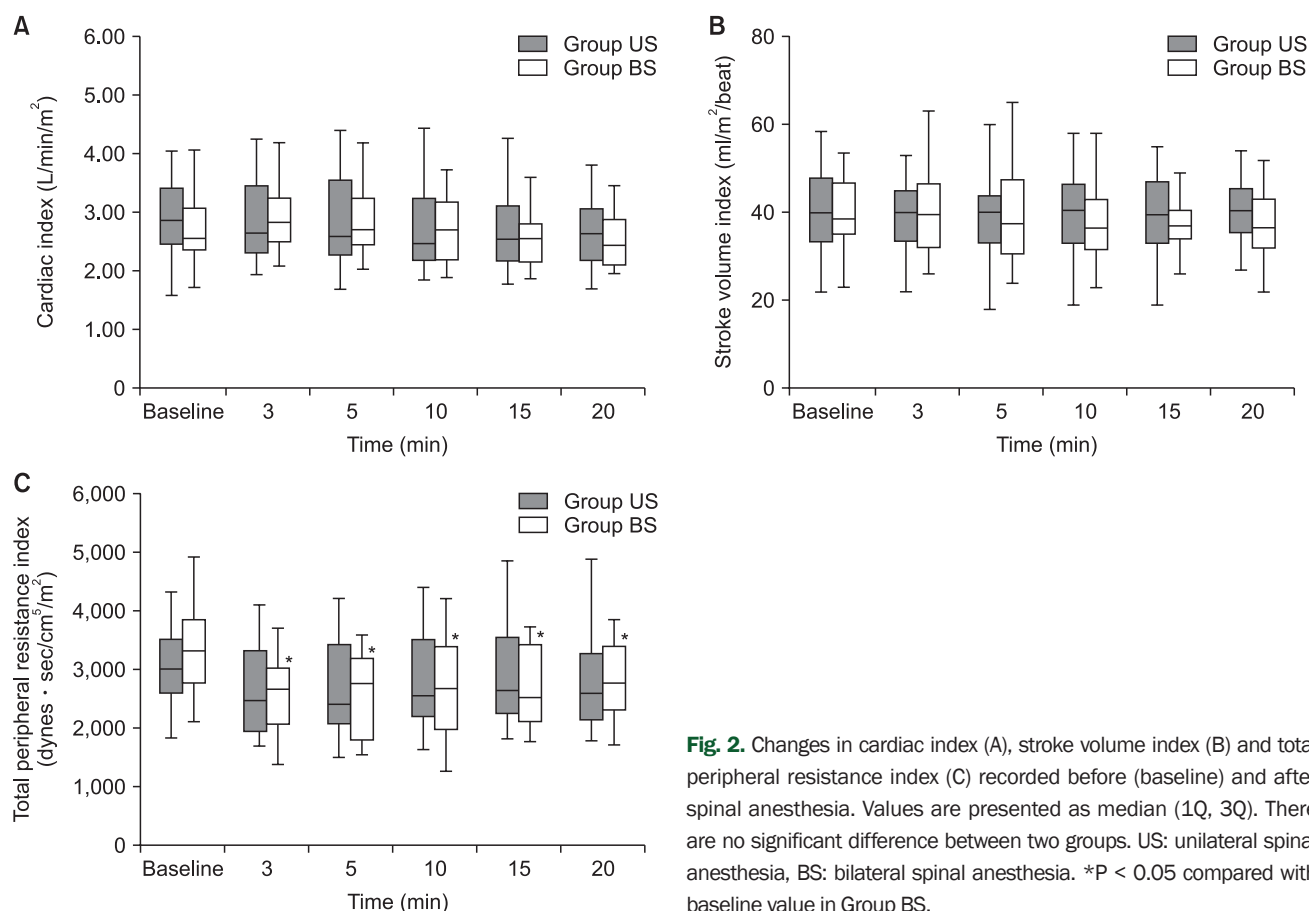


Fig. 2. Changes in cardiac index (A), stroke volume index (B) and total peripheral resistance index (C) recorded before (baseline) and after spinal anesthesia. Values are presented as median (1Q, 3Q). There are no significant difference between two groups. US: unilateral spinal anesthesia, BS: bilateral spinal anesthesia. *P < 0.05 compared with baseline value in Group BS.

진되어 있어 척추마취에 의한 혈압 저하가 젊은 성인보다 심하게 발생할 수 있다[4,5,11]. Lairez 등[11]은 척수강내로 적은 양의 국소마취제(bupivacaine 7.5 mg)를 투여한 경우에도 70세 이상 군에서는 66% 환자에서 저혈압이 발생하였지만 70세 미만 군에서는 저혈압이 발생하지 않았다고 보고한 바 있다. 그러나 Park 등[12]은 65세 이상의 고령군과 65세 미만의 비고령군에서 척추마취 시 저혈압을 치료하기 위해 ephedrine을 사용하는 경우가 통계적으로 유의한 차이가 없었다고 하였는데, 이는 고령군에서 비고령군에 비해 적은 양의 bupivacaine을 사용하여 같은 높이의 감각 신경 차단이 일어났기 때문으로 생각된다.

한편 만성고혈압 환자는 혈관이 섬유증에 의해 경직화되고 직경이 감소하면서 작은 미세동맥이나 모세혈관의 수가 감소하여 후부하(afterload)와 혈압이 증가한다. 이로 인해 원심실이 비대해지고 이완기 기능 및 심근탄성이 감소하여 심장박출량이 감소하게 된다[3]. 이런 환자들은 척추마취에 의한 교감신경차단에 정상 혈압인 환자보다 더 심한 혈압 저하를 보일 것으로 예상되는데, Hartmann 등[13]과 Singla 등[14]의 연구에 의하면 고혈압 병력이 있는 환자는 척추마취 후 저혈압이 발생할 위험이 정상 혈압인 환자보다 두 배 정도 높다고 한다(odds ratio = 2.21 [13], 1.739 [14]). 따라서 본 연구의 대상군인 고혈압을 동반한

노인환자는 척추마취 후 저혈압 발생에 매우 취약한 군이라고 예상할 수 있다.

기존의 연구에 의하면 한쪽 척추마취는 젊은 성인과 노인 모두에서 양쪽 척추마취에 비해 마취된 피부분절의 높이를 낮추고 교감신경섬유의 차단을 줄여서 혈압 저하를 효과적으로 예방한다고 하였다[7-10]. Fanelli 등[9]은 다리 수술을 받는 젊은 성인 환자에서 양쪽 척추마취 군의 저혈압 발생빈도는 17%였지만 한쪽 척추마취 군은 6%로 유의하게 낮았다고 보고하였다. Sen 등[15]도 75세 이상이면서 박출률(ejection fraction)이 50% 이하인 노인환자에서 한쪽 척추마취군은 양쪽 척추마취군보다 저혈압 빈도가 유의하게 낮았다고 보고한 바 있다(56% vs. 22%).

그러나 기존의 연구들은 노인환자를 대상으로 하였어도 고혈압이 동반된 환자만을 대상으로 한 연구는 없었기 때문에, 본 연구에서는 고혈압이 동반된 노인환자만을 대상으로 척추마취를 시행하였다. 본 연구에서 BS군의 상대적 저혈압의 발생빈도는 45%로 Lairez 등[11]과(66%) Sen 등[15]의(56%) 연구보다 다소 낮게 나타났는데, 이것은 앞의 두 연구가 85세 이상의 초고령환자를 대상환자군에 포함하고 있고 저혈압의 정의도 기저치와 비교하여 20%와 25% 감소로 엄격하게 정의했기 때문인 것으로 생각된다. 그러나 수축기혈압 90 mmHg 이하의 절대적 저혈압

발생빈도는 US군에서 BS군보다 유의하게 적게 발생하여, 기존의 연구처럼 한쪽 척추마취는 고혈압이 동반된 노인환자에서도 과도한 혈압 저하를 방지하는데 효과적이었다. 이러한 결과는 US군의 마취된 피부분절의 높이가 BS군에 비해 낮았기 때문에 교감신경섬유 차단으로 인한 부작용을 효과적으로 억제할 수 있었기 때문으로 생각된다.

기존의 연구에서 노인환자의 척추마취 후 심장박출량의 변화는 다양하게 보고되고 있다. Lairez 등[11]은 심조음파를 이용한 연구에서 척추마취를 받은 노인환자들은 전신혈관저항이 감소하면서 좌심실이완기말용적(left ventricular end diastolic volume)과 일회박출량(stroke volume)이 감소하고 결과적으로 심장박출량도 감소하였다고 보고하였다. Meyhoff 등[16]은 노동맥압력곡선(radial artery pressure curve)을 이용한 연구에서 노인환자들은 척추마취 후 초기에는 전신혈관저항이 감소하면서 후부하가 감소하여 심장박출량이 증가하지만 이후에는 복귀정맥혈(venous return)이 감소에 의한 전부하 감소로 심장박출량도 점차 감소하다고 보고하였다. 그러나 Rooke 등[17]은 폐동맥도관(pulmonary artery catheter)을 이용한 연구에서 척추마취 후 좌심실이완기말용적이 감소하지만 후부하 감소로 박출률(ejection fraction)이 증가하여 심장박출량의 변화는 미미하였다고 보고하였다. Critchley 등[18]도 가슴경유생체전기저항(transthoracic electrical bioimpedance)을 이용한 연구에서 척추마취 후 박출량지수는 감소하였지만 심박수가 증가하면서 심장박출량은 마취전과 비슷한 수준으로 유지가 되었다고 보고하였다. 위의 연구들을 종합해보면 노인환자에서 척추마취 후 저혈압의 주된 원인은 전신혈관저항이 감소하면서 전부하와 후부하가 감소하기 때문이며 박출률 등의 심장기능은 비교적 잘 유지가 되는 것으로 생각된다. 다만 심장박출량은 동반된 심장질환, 압력수용체 반사기능, 마취 높이, 베타 차단제 등의 약제 복용 여부 등에 따라 변화할 수 있기 때문에 취약한 환자의 경우 이에 대한 적극적인 감시가 필요할 것이다.

고혈압이 있는 노인환자를 대상으로 한 본 연구에서 BS군은 척추마취 후 기저치와 비교하여 MAP과 TPRI가 감소하였지만 CI와 SVI는 유의한 차이가 없었으며 HR는 척추마취 후 3분과 5분에 기저치보다 유의하게 증가하였다. 교감신경 차단에 의한 TPRI 감소는 전부하와 후부하를 감소시켜 CI에 변동이 있을 것으로 예상했지만 기저치와 비슷한 수준으로 유지되었다. 이러한 결과는 박출률과 HR 증가에 의한 것으로 생각되는데, 고혈압이 있는 노인환자에서 보상기전이 감소되어 있는 점을 고려한다면 투여된 ephedrine의 효과일 가능성이 높아 보인다. 반면에 US군은 척추마취 후 기저치와 비교하여 MAP이 감소하였지만 TPRI, CI, SVI는 유의한 차이가 없었다. 그러므로 한쪽 척추마취는 교감신경 차단 범위를 제한하여 TPRI의 감소를 억제하고 결과적으로 CI를 유지하는데 도움이 되는 것으로 생각할 수 있을 것이다.

척추마취 후 저혈압 발생을 줄이기 위해 한쪽 척추마취 외에 여러가지 방법들이 제시되고 있다. 미리 수액이나 혈관수축제를 투여하고 공기압지혈대를 사용하는 방법이 저혈압 예방에 도움이 될 수 있다[6,19,20]. 아편유사제와 같은 보조제를 첨가하여 국소마취제의 용량을 줄이는 것도 효과적이다[21]. 경막외마취는 발현이 느리고 약물을 투여하는 주위만 마취되기 때문에 안정적인 혈압을 유지하는데 도움이 되지만 한쪽 척추마취보다는 그 효과가 적다는 보고도 있다[22]. 즉, 척추마취 후 혈류역학적인 부작용을 최소화 하기 위해서는 환자의 수술 부위, 전신상태, 동반질환 등을 고려하여 가장 적절한 방법을 선택해야 할 것이다.

이 연구는 몇 가지 제한점을 가지고 있다. 첫 번째, 심장박출량을 측정하는 최적표준방법은 폐동맥도관을 사용하는 것이지만, 본 연구에서는 환자에게 미칠 위험성을 고려하여 비침습적 심장박출량측정기를 이용하여 혈류역학적인 지표들을 측정하였다. 이 장치는 열희석법으로 측정한 심장박출량과 높은 상관관계를 보이고 혈류역학적인 변화를 잘 반영하는 것으로 알려져 있다[23,24]. 두 번째, 효과적인 한쪽 척추마취를 위해서 몇 가지 추천되는 방법들이 있다. 바늘은 Whitacre와 같은 연필모양이 Quincke와 같이 바늘 끝 경사면이 잘린 모양보다 약물 주입시 난류(turbulent flow)를 적게 유발하여 국소마취제가 뇌척수액과 섞이는 것을 줄일 수 있다고 한다. 또한, 국소마취제를 2.5 ml/min 이하의 속도로 천천히 주입하고 적은 양의 고비중 약제를 사용하는 것이 한쪽만 마취되는 비율을 높이는 방법이 될 수 있다[21]. 본 연구에서는 저자들이 평소에 익숙하게 사용하고 있는 Quincke 바늘을 사용하고 국소마취제의 투여 속도도 추천되는 방법보다 빠르게 주입하였는데, 이러한 점을 보완한다면 한쪽 척추마취의 유용성을 보다 정확히 반영할 수 있을 것이다. 세 번째, 이 연구의 대상에 포함되지 않은 85세 이상의 초고령 환자나 중증 전신질환이 있는 환자들은 척추마취에 의한 혈류역학적인 변화에 더욱 취약할 것으로 예상되므로 그에 대한 추가적인 연구가 필요할 것으로 생각된다.

결론적으로, 고혈압이 있는 노인환자에서 한쪽 척추마취는 양쪽 척추마취보다 혈관수축제를 필요로 하는 저혈압의 발생을 효과적으로 예방하였고 혈류역학적인 기능을 보다 안정적으로 유지시킬 수 있었다.

ACKNOWLEDGMENTS

This work was supported by a research grant from Jeju National University Hospital in 2014.

CONFLICTS OF INTEREST

No potential conflict of interest relevant to this article

was reported.

ORCID

Woo Jin Cho: <https://orcid.org/0000-0002-4338-5428>

So Hui Yun: <https://orcid.org/0000-0001-9544-5085>

Ji Hun Oh: <https://orcid.org/0000-0003-3322-0811>

Keumo Lee: <https://orcid.org/0000-0003-1646-7716>

REFERENCES

1. KOSIS. Population composition by gender and age. Statistics Korea [serial on the Internet]. 2016 [cited 2018 Oct 5]. Available from http://www.index.go.kr/potal/main/EachDtlPageDetail.do?idx_cd=1010.
2. KOSIS. Prevalence rate of chronic diseases. Statistics Korea [serial on the Internet]. 2016 [cited 2018 Oct 5]. Available from http://www.index.go.kr/potal/main/EachDtlPageDetail.do?idx_cd=1438.
3. The Korean Society of Anesthesiologists. Anesthesiology and pain medicine. 3rd ed. Seoul, Ryo Moon Gak. 2014, pp 398-9.
4. Carpenter RL, Caplan RA, Brown DL, Stephenson C, Wu R. Incidence and risk factors for side effects of spinal anesthesia. *Anesthesiology* 1992; 76: 906-16.
5. Critchley LA. Hypotension, subarachnoid block and the elderly patient. *Anaesthesia* 1996; 51: 1139-43.
6. Zadeh FJ, Alqozat M, Zadeh RA. Sequential compression pump effect on hypotension due to spinal anesthesia for cesarean section: a double blind clinical trial. *Electron Physician* 2017; 9: 4419-24.
7. Akhtar MN, Tariq S, Abbas N, Murtaza G, Nadeem Naqvi SM. Comparison of haemodynamic changes in patients undergoing unilateral and bilateral spinal anaesthesia. *J Coll Physicians Surg Pak* 2012; 22: 747-50.
8. Chohan U, Afshan G, Hoda MQ, Mahmud S. Haemodynamic effects of unilateral spinal anesthesia in high risk patients. *J Pak Med Assoc* 2002; 52: 66-9.
9. Fanelli G, Borghi B, Casati A, Bertini L, Montebugnoli M, Torri G. Unilateral bupivacaine spinal anesthesia for outpatient knee arthroscopy. Italian Study Group on Unilateral Spinal Anesthesia. *Can J Anaesth* 2000; 47: 746-51.
10. Kelly JD, McCoy D, Rosenbaum SH, Brull SJ. Haemodynamic changes induced by hyperbaric bupivacaine during lateral decubitus or supine spinal anaesthesia. *Eur J Anaesthesiol* 2005; 22: 717-22.
11. Lairez O, Ferré F, Portet N, Marty P, Delmas C, Cognet T, et al. Cardiovascular effects of low-dose spinal anaesthesia as a function of age: an observational study using echocardiography. *Anaesth Crit Care Pain Med* 2015; 34: 271-6.
12. Park SY, Kim JH, Rim JC, Kim JA, Lee JH, Choi SR, et al. Comparison of spinal anesthesia between the non-elderly and elderly patients. *Anesth Pain Med* 2016; 11: 190-4.
13. Hartmann B, Junger A, Klasen J, Benson M, Jost A, Banzhaf A, et al. The incidence and risk factors for hypotension after spinal anesthesia induction: an analysis with automated data collection. *Anesth Analg* 2002; 94: 1521-9.
14. Singla D, Kathuria S, Singh A, Kaul T, Gupta S, Mamta. Risk factors for development of early hypotension during spinal anaesthesia. *J Anaesthesiol Clin Pharmacol* 2006; 22: 387-93.
15. Sen S, Aydin K, Discigil G. Hypotension induced by lateral decubitus or supine spinal anaesthesia in elderly with low ejection fraction undergone hip surgery. *J Clin Monit Comput* 2007; 21: 103-7.
16. Meyhoff CS, Hesselbjerg L, Koscielniak-Nielsen Z, Rasmussen LS. Biphasic cardiac output changes during onset of spinal anaesthesia in elderly patients. *Eur J Anaesthesiol* 2007; 24: 770-5.
17. Rooke GA, Freund PR, Jacobson AF. Hemodynamic response and change in organ blood volume during spinal anesthesia in elderly men with cardiac disease. *Anesth Analg* 1997; 85: 99-105.
18. Critchley LA, Stuart JC, Short TG, Gin T. Haemodynamic effects of subarachnoid block in elderly patients. *Br J Anaesth* 1994; 73: 464-70.
19. Ngan Kee WD, Khaw KS, Ng FF, Lee BB. Prophylactic phenylephrine infusion for preventing hypotension during spinal anesthesia for cesarean delivery. *Anesth Analg* 2004; 98: 815-21.
20. Casati A, Fanelli G, Berti M, Beccaria P, Agostoni M, Aldegheri G, et al. Cardiac performance during unilateral lumbar spinal block after crystalloid preload. *Can J Anaesth* 1997; 44: 623-8.
21. Casati A, Fanelli G. Unilateral spinal anesthesia. State of the art. *Minerva Anesthesiol* 2001; 67: 855-62.
22. Kiasari AZ, Babaei A, Alipour A, Motevalli S, Baradari AG. Comparison of hemodynamic changes in unilateral spinal anesthesia versus epidural anesthesia below the T10 sensory level in unilateral surgeries: a double-blind randomized clinical trial. *Med Arch* 2017; 71: 274-9.
23. Squara P, Denjean D, Estagnasie P, Brusset A, Dib JC, Dubois C. Noninvasive cardiac output monitoring (NICOM): a clinical validation. *Intensive Care Med* 2007; 33: 1191-4.
24. Raval NY, Squara P, Cleman M, Yalamanchili K, Winklmaier M, Burkhoff D. Multicenter evaluation of noninvasive cardiac output measurement by bioreactance technique. *J Clin Monit Comput* 2008; 22: 113-9.