척추 마취하에 전슬관절성형술시 구혈기에 의한 활력증상의 변화

서울대학교 의과대학 마취과학교실

이 상 철 · 배 진 호

= Abstract =

Vital sign changes associated with tourniquet use under spinal anesthesia for total knee arthroplasty

Sang Chul Lee, M.D., Jin Ho Bae, M.D.,

Department of anesthesiology, Seoul National University, College of Medicine, Seoul, Korea

Tourniquet is usually used for total knee arthroplasty to provide a bloodless surgical field. However, there is a possibility that sustained inflation of tourniquet can cause hypertension, while deflation can cause hypotension. In 31 patients who received total knee arthroplasty under spinal anesthesia in Seoul National University Hospital, we examined the changes of systolic blood pressure (SBP) and heart rate (HR) (1) before induction (2) just before inflation of tourniquet, (3) at 10 minutes after inflation of it, and (4) just before deflation of tourniquet. We also checked (5) the maximal change of SBP and HR within 5 minutes after deflation of it.

The results were as follows;

- 1) As time went, inflation did not bring any remarkable change of SBP and HR.
- 2) SBP decreased by 19 mmHg ($p < 0.05$) after release of tourniquet.

But HR did not change significantly.

In conclusion, it is suggested that we have to pay special attention to the patients who underwent total knee arthroplasty operation under spinal anesthesia, because tourniquet deflation might cause significant lowering of blood pressure.

Key Words : Tourniquet, Spinal anesthesia, Total knee arthroplasty

서 론

상지나 하지의 수술시에는 출혈로 인한 실혈량을 줄이고 깨끗한 수술시야의 확보를 위해 구혈기를 사용하는 경우가 많다. 그러나 구혈기의 팽창(inflation)시에는 사혈(exsanguination)로 인한 순환 혈

액량의 증가가 일어나며 이로 인하여 중심 정맥압의 상승이 초래되고 전신 혈관저항도 증가하게 되어 혈압의 상승이 일어날수 있다고 알려져 있으며¹⁻³⁾ 구혈기 작용 시간이 길어지게 되면 허혈 작용으로 야기되는 통증 등으로 인하여 혈압의 상승이 발생할 수 있다고 알려져 있다.¹⁻³⁾ 구혈기 감압후에는

혈류의 재분포가 일어나 순환 혈액량과 전신 혈관 저항의 저하로 인한 정맥 환류와 심박출량의 감소가 초래되며 또 허혈 부위에서 생성된 대사물질 등이 혈압 저하의 요인으로 작용할 수 있고 심한 경우에는 심정지까지 일어난 경우도 보고되어 있다.^{1,4} 이때 전신마취에 비하여 부위 마취(regional anesthesia)에서는 구혈기 압박으로 인한 혈압 상승은 드물게 일어나는³⁾ 반면에 구혈기 감압 후의 혈압 저하는 전신 마취에 비해 훨씬 심하다는 것이 일반적인 견해이다.^{1,5,6)}

전술관절성형술은 수술중 적은 실혈량과 낮은 마취부위만이 필요하다는 이유 등으로 인하여 흔히 간단한 감시하에 특별한 준비없이 진행되는 경우가 많고, 마취의 선택에 있어서도 역시 비교적 낮은 부위의 마취만으로 수술이 가능하고 시술이 간단하다는 점, 그리고 심부 정맥혈전증(deep vein thrombosis)의 빈도를 줄일 수 있다는 점⁷⁾에서 흔히 척추 마취하에 행해지고 있다. 최근에 Kahn 등¹⁾은 전술관절성형술시 경막외마취를 시행하여 관찰한 결과 구혈기 팽창시에는 의미있는 혈액학적 변화는 없으나 구혈기 감압후 맥박의 변화는 큰 차가 없는 반면, 20 mmHg 전후의 유의한 혈압변화가 일어남을 보고하고 이에 대한 주의를 상기시켰다.

따라서 본 연구는 전술관절성형술시 경막외마취에 비하여 우리나라에서 흔히 사용되는 척추 마취하에서 구혈기 팽창 및 감압으로 인한 활력증상의 변화를 측정하고 결과를 분석하여 향후 사용가능한 임상적 지표로 삼고자 하였다.

연구대상 및 방법

본 연구는 척추 마취하에 전술관절성형술을 받는 환자중 특별한 심폐기능의 장애가 없으며 미국 마취과학회 환자분류상 1급과 2급에 속하는 31명을 무작위로 추출하여 시행하였다.

마취전투약은 하지 않았고 마취유도는 1% tetracaine과 10% 포도당용액을 동일한 양으로 혼합하여 0.5% tetracaine을 만든 후 0.1% epinephrine 0.2ml를 추가하여 마취 부위가 흉부 피부 4-10에 이

르도록 적정량을 주입하여 척추 마취를 시행하였고 척추 마취 고정후 마취의 범위가 이보다 낮거나 높은 경우에는 연구대상에서 제외하였다. 또한 환자중 기왕력에 고혈압이 있던 환자는 연구대상에서 제외하였으며, 척추 마취 시행 전후로 수축기 혈압이 100mmHg 이상 유지될 수 있도록 수액을 15ml/kg를 정주하였고 필요한 경우에는 ephedrine을 소량 정주하였다. 구혈기의 팽창은 척추 마취 시행 30분이 경과한 후에 마취 부위가 고정되고 활력증상이 안정된 후에 시행하였고 구혈기 팽창 직전에 탄력 봉대를 사용하여 사혈을 시켰으며 구혈기의 압력은 330-400mmHg를 유지시켰고 구혈기 적용 시간이 30분이내인 경우는 대상에서 제외하였다. 구혈기의 감압은 모든 경우에서 수술이 끝난 다음에 시행하였다.

심전도를 지속적으로 관찰하며 맥박수를 측정하였으며 비침습적 혈압 측정기인 자동 혈압계(Datascope Accutorr 2A, USA)를 이용하여 수축기 혈압을 측정하였다. 맥박수와 수축기 혈압은 (1)마취 유도전, (2)구혈기 팽창 직전, (3)구혈기 팽창 10분후, (4)구혈기 감압 직전, 그리고 (5)구혈기 감압후 1분 간격으로 5분간 기록한 값 중에 최저치를 선택하였고 구혈기 사용중에 나타날수 있는 통증의 유무도 관찰하였다.

모든 측정치는 평균 표준편차로 표시하였다. 구혈기 팽창으로 인한 즉각적인 혈액학적 변화를 보기 위해 Kahn의 연구¹⁾와 마찬가지로 (2)의 값과 (3)의 값을 비교하였고 지속되는 구혈기 팽창으로 인한 혈액학적 변화를 보기 위해 구혈기 팽창 후 활력 정도가 어느 정도 안정되었다고 여겨지는 (3)의 값과 구혈기 감압 직전인 (4)의 값을 비교하였다. 구혈기 감압후 나타나는 변화를 보기 위해 (4)의 값과 (5)의 값을 비교하였다. 그리고 구혈기 작용 시간에 따른 혈액학적 변화의 정도를 보기 위해 (4)의 값과 (3)의 값과의 차이를 구혈기 사용 시간과 비교하였고 (5)의 값과 (4)의 값과의 차이를 구혈기 사용 시간과 비교하였다. 구혈기 팽창과 감압으로 인한 변화는 각각 paired t-test를 이용하여 검정하였고, 구혈기 사용 시간에 따른 변화의 정도

는 각각 linear regression analysis를 시행하여 분석하였고 P값이 0.05 미만인 것을 의미 있는 것으로 판정 하였다.

연구 결과

대상 환자군의 평균 연령은 56세(17-71세)로 폐행성 관절염으로 인해 수술을 받는 경우가 71%이고 류마치성 관절염은 14%, 기타가 15%이었다. 마취전투약은 시행하지 않았고 척추마취 시행후 30분 경과한 후에 pinprick test로 측정한 마취 부위는 흉부 피부 4-10(7±2)이었다. 구혈기 압력은 330-400mmHg(356±24mmHg)이었고 적용 시간은 45-130분(89±26분)이었으며 구혈기 압박 중에 구혈기로 인한 통증을 호소한 경우는 없었다.

구혈기 팽창 직전의 수축기 혈압은 121±

표 1. 지혈대 작용에 따른 수축기 혈압과 맥박수의 변화 (mean SD)

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
수축기 혈압(mmHg)	139±21	121±18	124±18	128±19	109±16*
심박수(회/분)	80±14	69±12	67±13	72±12	74±13

(1)은 마취 유도전, (2)는 지혈대 팽창 직전, (3)은 지혈대 팽창 10분후, (4)는 지혈대 압박 직전, (5)는 지혈대 압박후 5분내의 혈압 최저치와 심박수를 말함

* p<0.05 compared between (4) and (5) by paired T-test

그림 1. 구혈기 작용에 따른 수축기 혈압의 변화
(1)은 마취 유도전, (2)는 지혈대 팽창 직전, (3)은 지혈대 팽창 10분후, (4)는 지혈

18mmHg이고 구혈기 팽창 10분후의 수축기 혈압은 124±18mmHg로 평균 3mmHg의 증가가 있었으나 통계적인 유의성은 없었다. (표 1, 그림 1) 맥박수는 69±12에서 67±13로 평균 2회/분의 감소가 있었으나 통계적인 유의성은 없었다.

구혈기 팽창 10분 후의 수축기 혈압은 124±18mmHg이고 구혈기 압박 직전의 수축기 혈압은 128±19mmHg로 구혈기 작용 기간 중에 평균 4mmHg의 수축기 혈압의 상승이 있었으나 통계적인 유의성은 없었다(표 1, 그림 1). 맥박수는 68±13에서 71±12로 평균 3회/분의 증가가 있었으나 통계적인 유의성은 없었다(표 1, 그림 2). 팽창기간 중 구혈기 사용 시간의 수축기 혈압의 변화의 정도는 구혈기 사용 시간과는 상관 관계(r=0.32)가 없었다.

구혈기 압박 직전의 수축기 혈압은 128±19mmHg이고 압박후 5분 내의 가장 낮은 수축기 혈압은 109±16mmHg로 압박 후에 평균 19mmHg의 수축기 혈압 감소가 있었고 이는 통계적으로 유의하였다(P<0.05). 구혈기 압박시의 혈압 저하는 1-3분에 가장 낮은 수준까지 떨어졌으나(그림 3) 통계적인 유의성은 없었다. 구혈기 사용 시간과 구혈기 압박으로 인한 혈압의 감소 역시 상관 관계(r=0.28)가 없었다. 맥박수는 압박 직전에 72±12회/분에서 압박 후에 74±13회/분으로 약간 증가 하였으나 통계적인 유의성은 없었다(표 1, 그림 2).

그림 2. 구혈기 작용에 따른 심박수의 변화
(1)은 마취 유도전, (2)는 구혈기 팽창 직전, (3)은 구혈기 팽창 10분후, (4)는 구혈기 압박 직전, (5)는 구혈기 압박후 5분내의 수축기 혈압 최저치와 심박수를 말함

그림 3. 구혈기 감압후 5분내에 일어나는 수축기 혈압의 변화

고 안

상지나 하지의 수술시에 사용하는 구혈기는 불필요한 출혈을 막을 수 있을뿐만 아니라 특히 수술 부위의 출혈을 막아 수술 시야를 좋게 해주는 장점을 가지고 있다. 그러나 구혈기의 사용은 정상적인 혈류를 변화시키고 혈액의 재분포와 저산소성 대사 산물의 배출 등으로 인하여 혈액학적 변화를 초래하고 때로는 심정지 같은 심각한 결과를 발생시킬 수 있다.^{2,3,5,6)}

구혈기의 팽창시 사혈로 인하여 전체 혈류량의 15% 정도가 하지로부터 순환 혈류로 들어가게 되어¹⁾ 이로 인하여 중심정맥압의 상승과 혈압의 상승이 초래될 수 있다.^{2,3)} 심한 정맥류가 있는 경우와 양쪽 하지에 동시에 구혈기를 압박하는 경우에는 의미있는 중심 정맥압의 증가와 폐동맥압의 증가가 일어나 혈압의 상승이 심할 수 있다.⁴⁾ 심실의 유순도가 떨어져 있는 경우에도 약간의 순환 혈류량의 증가도 심장에 과다한 부담을 주게되어 의미있는 변화가 일어날 수 있다.⁴⁾ 그러나 구혈기 팽창을 하기 전에 압력 봉대를 감아 사혈을 시키기 때문에 순환 혈액량의 증가가 비교적 서서히 일어나므로 구혈기 팽창으로 인한 즉각적인 혈압의 변동은 앞에서 언급한 것과 같은 문제가 없는 경우에는 별로 심하지 않고 본 연구에서도 의미 있는 증가는 발생하지 않았다.

구혈기를 지속적으로 작용시키는 경우에 혈압의 상승이 발생하는데 이러한 현상은 C-fiber로 전달

되는 주로 허혈에 기인한 통증 때문에 발생한다고 알려져 있고³⁾ 우리가 통상적으로 사용하는 흡입 마취제나 마약 제제의 용량으로는 그러한 통증을 충분히 막을 수 없기 때문에 혈압의 증가가 일어나는 반면에 척추 마취나 경막의 마취같은 부위 마취에서는 통증의 차단이 비교적 충분하기 때문에 혈압의 변화가 적게 발생한다고 하였다.³⁾ Valli등은 구혈기를 지속적으로 작용시킬 때 수축기 및 이완기 혈압이 30% 이상 증가되는 경우는 전신 마취를 한 환자에서는 67%, 척추 마취를 한 환자에서는 2.7%, 상박 신경총 차단술 한 환자에서는 2.5%, 그리고 정맥 마취를 한 환자에서는 19%가 있다고 보고 하였다.³⁾ 척추 마취하에 시행한 본 연구에서도 구혈기 작용기간 중에 수축기 혈압이 30%이상 증가한 경우는 9.8%에서 있었고, 지속적으로 구혈기를 압박한 후의 수축기 혈압 및 맥박의 유의할 만한 변화는 없었다.

Kaufman등은 구혈기로 인하여 고혈압이 발생할 가능성이 높은 군으로 나이가 많은 사람과 심장 확대가 있는 경우, 그리고 아산화 질소와 정맥 마취제를 사용하여 균형마취(balanced anesthesia)를 시행한 군 등을 제시하였고 반면에 과거력상 고혈압이 있거나 이뇨제나 스테로이드를 복용하고 있었던 경우, 그리고 빈혈이 있는 경우 등과는 별다른 연관성이 없다고 하였다.²⁾ 한편 척추 마취에서 마취 부위가 낮은 경우에는 구혈기 압박으로 통증이 발생할 수 있고 이로 인하여 혈액학적 변화가 초래될 수 있지만²⁾ 본 연구에서는 마취부위를 비교적 높게 유지하였고 또 수술 중에 구혈기 압박으로 인한 통증을 호소한 경우가 없었기 때문에 구혈기 통증으로 인한 혈액학적 변화는 방지할 수 있었다.

수술이 끝난 후 구혈기를 감압할 경우 혈압은 유의하게 떨어지는 것으로 알려져 있다.^{1,5,6)} 심한 경우에는 심정지까지 발생할 수 있는데 Lachiwicz와 Ranawat는 이것을 급성 지방 색전증에 기인한다고 하였으나¹⁾ 더 많은 연구가 필요하며 실제로 구혈기를 풀었을 때 나타나는 혈압 저하의 원인은 여러 가지가 있을 수 있다. 구혈기 감압시 혈류는 하지를 관류하게 되므로 전체적인 말초 혈관 저항이 급격

히 감소할 뿐만 아니라 하지에 정맥혈 충전(venous pooling)이 초래되고 수술 부위의 출혈이 증가하여 정맥혈 환류량이 감소되므로 심박출량의 감소를 야기한다.^{1,5-7)} 즉 심박출량의 급격한 감소와 말초 혈관 저항의 감소는 혈압의 하강을 일으키고 척추 마취의 경우처럼 교감 신경 차단이 되어 있는 상황에서는 혈압의 저하가 더 심하게 발생할 수 있다.^{1,8)}

그리고 저산소성 상태에 있던 하지에서 생성된 adenosine과 유산(lactic acid)같은 대사 산물의 전신 순환으로의 유입은 심근 수축력의 저하를 야기시키고 혈관 이완을 일으켜 혈압 하강을 더욱 조장할 수 있다.⁵⁾ 조직 저산소증은 10분내에 발생하고 30분 경과시 저산소성 부위의 대사적 변화가 나타난다.^{5,8)} 따라서 최대의 혈액학적 변화는 적어도 30분 이상의 구혈기 사용후 감압시에 나타난다.⁹⁾ 구혈기 사용 시간 30-120분에서는 작용 시간과 혈압 저하의 정도는 연관성이 없다고 알려져 있고¹⁾ 본 연구에서도 구혈기 사용 시간과 감압후의 수축기 혈압의 변화의 양과는 별로 연관성이 없어 보였다.

본 연구에서 구혈기 감압시의 혈압 저하는 매우 빠르게 발생해 1-3분에 가장 낮은 수준까지 떨어졌으나 경막의 마취하에서 요골 동맥 삼관을 통해 지속적인 혈압의 변화를 관찰한 Kahn등의 보고에서는 구혈기 감압시의 혈압은 매우 빠르게 떨어져서 1분내에 가장 낮은 수준까지 떨어진다고 하였다.¹⁾

Jacobsen등³⁾에 의하면 구혈기 감압에 반응하여 혈압의 저하가 있는 환자의 경우에는 맥박수 저하도 있다고 하였다. 그러나 Kahn등의 보고에 의하면 혈압의 저하가 발생하는 모든 환자에서 맥박수의 변화는 혈압의 저하와는 별로 연관성이 없다고 하였다.¹⁾ 또 구혈기 감압 후에 혈압의 저하가 올것으로 예상되는 환자를 분류하기가 어렵다고 하였다.¹⁾ 본 연구에서는 구혈기 감압시에 맥박수의 유의할 만한 변화는 관찰되지 않아 Kahn등의 보고와 마취 방법은 달라도 같은 소견을 보여 주었다.

따라서 본연구의 결과를 보면 구혈기를 이용하여 척추 마취하에 전술관절성형술을 받는 경우 모든 환자는 구혈기 사용 시간이나 활력증상에 상관 없이 구혈기 감압시 혈압 저하의 위험성을 고려하여

야 한다. 그리고 허혈성 심장 질환이나 뇌혈관 질환, 판막성 심장 질환을 가진 환자에서는 혈액학적 변화가 클 것으로 예상되며^{7,10)} 약간의 혈압 저하도 심각한 결과를 초래할 수 있기 때문에 요골 동맥 삼관을 통한 지속적 혈압 감시의 적용이 된다. 그리고 모든 환자에서 구혈기 감압시 심한 혈압 하강을 초래할 가능성이 있다고 보고 혈압의 변화를 빠르게 측정할 수 있는 형태의 감시 장치가 선택되어야 한다. 특히 구혈기 감압시에는 지속적으로 혈압을 측정하여야 환자에게 발생한 상황을 신속히 알 수 있고 즉각적인 처치를 할 수 있을 것으로 생각된다.

결 론

척추 마취하에서 구혈기를 사용하여 전술관절성형술을 받는 환자 31명을 대상으로 하여 구혈기 팽창 직전과 팽창 10분 후의 수축기 혈압과 맥박수를 비교하였고 구혈기의 팽창 10분후와 구혈기 감압 직전의 수축기 혈압과 맥박수를 비교하였다. 그리고 구혈기를 감압하기 직전의 수축기 혈압과 맥박수와 감압한 후 5분내의 수축기 혈압과 맥박수의 최대변화치를 비교하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1) 구혈기 팽창 및 이의 지속으로 수축기 혈압은 약간 증가하였지만 통계적

인 유의성은 없었고 맥박수도 약간 감소 하였지만 역시 통계적인 유의성은 없었다.

2) 구혈기를 감압한 직후 수축기 혈압은 1-3분내에 가장 낮은 수치로 통계

적으로 유의하게 감소($p < 0.05$)하였다. 그러나 맥박수의 변화는 통계적

유의성이 없었다.

결론적으로 척추 마취하에 구혈기를 사용하여 전술관절성형술을 받는 경우에는 구혈기 감압시에 심각한 혈압의 저하가 발생할 가능성이 모든 환자에게 있기 때문에 혈압을 지속적으로 신속하게 감시하여야 하며 혈압 저하시 즉각적으로 대처할 수 있도록 준비가 되어 있어야 한다고 사료되는 바이다.

참 고 문 헌

- 1) 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: 228-32
 - 2) Kaufman RD, Walts LF. Tourniquet-induced hypertention. *Br J Anesth* 1982; 54:333-6
 - 3) Valli H, Rosenberg PH, Kytta J. Arterial hypertention associated with the use of a tourniquet with either general or regional anesthesia. *Acta Anesthesiol Scand* 1987; 31: 279
 - 4) Miller RD. *Anesthesia*. 3rd ed. New york: Churchill Livingstone, 1990; 1962-8
 - 5) Modig J, Kosland K, Wigren A. Systemic reactions to tourniquet ischemia. *Acta Anesthesiol Scand* 1978; 22; 609-14
 - 6) Valli H, Rosenberg PH. Effects of three anesthesia methods on hemodynamic responses connected with the use of thigh tourniquet in orthopedic patients. *Acta Anesthesiol Scand* 1985; 29 : 142
 - 7) Morgan GE, Mikhail MS. *Clinical Anesthesiology*. 1st ed, Los Angeles : Prentice-Hall International Inc, 1992; 189-95
 - 8) Korthals JK, Maki T, Gieron MA. Nerve and muscle vulnerability to ischemia. *J Neurol Sci* 1985; 81: 283-90
 - 9) Sapega AA, Heppenstall RB, Chance B. Optimizing tourniquet application and release times in extremity surgery. *J Bone Joint Surg* 1985; 67A: 303-14
 - 10) Barash PG, Cullen BF, Stoeling RK. *Clinical Anesthesia*. 2nd ed, Philadelphia: J. B. Lippincott, 1992; 1219-21
-