

지속적 동맥압 감시시 카테테르의 길이와 내경이 동맥압 측정치에 미치는 영향 분석

연세대학교 의과대학 마취과학교실, *아주대학교 의과대학 마취과학교실

박성용* · 방서욱 · 광영란 · 오영준 · 조혁래 · 홍용우

= Abstract =

The Effect of the Radius and Longitude of a Catheter in Continuous Arterial Blood Pressure Monitoring

Sung Yong Park, M.D.*, Sou Ouk Bang, M.D., Young Lan Kwak, M.D., Young Jun Oh, M.D., Hyuck Rae Cho, M.D., and Yong Woo Hong, M.D.

Departments of Anesthesiology, Yonsei University College of Medicine, Seoul, Korea,
*Department of Anesthesiology, Ajou University College of Medicine, Suwon, Korea

Background: Continuous arterial blood pressure monitoring is a highly effective method in an operation and the intensive care unit. However, the accuracy of the monitoring system could be influenced by the radius and longitude of the catheter. This study was executed to examine the effects of the radius and longitude of a catheter.

Methods: Forty-two pediatric patients scheduled to undergo open heart surgery were selected. After induction of anesthesia, the radial artery pressure was measured by a 22-gauge (1 inch) catheter and the femoral artery pressure was measured by a 20-gauge (1.16 inch) catheter, 22-gauge catheter and 20-gauge (12 cm) catheter in succession. Influences of the radius and longitude were analysed respectively. All values are expressed as mean \pm SD and analysed using the paired t-test; $P < 0.05$ was considered significant.

Results: The systolic pressure of the 20-gauge (1.16 inch) catheter was higher than that of the 22-gauge (1 inch) catheter. The systolic pressure of the 20-gauge (1.16 inch) catheter was higher than that of the 20-gauge (12 cm) catheter. Mean and diastolic pressures were low in the 20-gauge (1.16 inch) catheter, compared with the 20-gauge (12 cm) catheter.

Conclusions: Shorter and/or larger radius catheters could increase the pulse pressure in pediatric patients. (Korean J Anesthesiol 2002; 43: 10~14)

Key Words: Arterial blood pressure; arterial catheters.

서 론

논문접수일 : 2002년 3월 15일

책임저자 : 광영란, 서울시 서대문구 신촌동 134
연세의료원 마취과, 우편번호: 120-752
Tel: 02-361-7224, Fax: 364-2951
E-mail: ylkwak@yumc.yonsei.ac.kr

석사학위 논문임.

동맥삽관은 지속적 동맥압의 감시와 반복적인 동맥혈의 채취를 가능하게 하는 유용한 수기로써 수술 중이나 중환자 관리에 있어서 매우 빈번하고도 유용하게 쓰이고 있다. 만약 동맥삽관을 통한 동맥압 감

시시 왜곡된 정보가 제공된다면 환자의 치료방침에 중대한 영향을 미칠 수 있어, 동맥삽관을 통해 제공되는 정보에 영향을 미칠 수 있는 원인을 파악하는 것이 필요하다.

동맥압은 측정 부위에 따라 측정치가 다소 다르게 나타난다. 한편 직접 동맥삽관 시 흔히 사용되는 동맥 중에서는 대퇴동맥이 요골동맥에 비해 중심 동맥압을 더 잘 반영하는 것으로 알려져 있고^{1,2)} 체외 순환 직후에는 중심 동맥압과 말초 동맥압의 차이가 역전되었다는 연구 결과가 보고되었으며^{2,4)} 승압제가 투여되는 중환자에 있어서는 요골동맥압이 대퇴동맥압보다 낮게 측정된다고⁵⁾ 알려져 있다.

이처럼 삽관동맥에 따른 동맥압변화에 대한 연구는 계속 있어 왔으나, 동맥삽관에 사용되는 카테테르가 동맥압 측정에 어떠한 영향을 미치는가에 대한 연구는 미미한 현실이다. Shapiro 등은 카테테르의 길이와 내경에 따라 natural frequency가 변할 수 있다고 하였으며,⁶⁾ Shinozaki는 카테테르와 연결관의 길이를 짧게 하는 것이 동맥압측정의 정확성을 높여준다고⁷⁾ 하였다. Fiser 등은 소아에서 카테테르의 크기에 따른 측정 동맥압의 차이에 대한 실험적 연구를 통해 내경이 작은 카테테르와 내경이 큰 카테테르간의 동맥압의 차이를 조사하였으나 두 카테테르사이의 차이를 발견하지 못했다고 보고하였고⁸⁾ 이후 이에 대한 구체적인 연구가 더 이상 시행되지 않았다. 따라서 현재는 단지 20-gauge 이하의 짧고 내경이 가는 카테테르를 사용하는 것이 혈액학적 특징을 잘 반영하며,⁹⁾ 내경이 크고 긴 카테테르에 비해 합병증이 덜 발생하기 때문에¹⁰⁻¹²⁾ 더 선호된다는 것 등이 인정되고 있을 뿐이다. 그러나 이들 연구를 종합해 보면 카테테르의 내경과 길이에 따라 동맥압과 형의 모양과 측정치가 다르게 측정될 수 있을 가능성이 있으며 만약 그것이 사실이라면 카테테르에 따른 동맥압의 양상과 측정치의 차이를 파악하는 것은 수술 중인 환자나 중환자의 관리에 있어서 많은 도움을 줄 수 있을 것이다.

따라서 연구자는 심장 질환을 가진 마취된 환아를 대상으로 요골 동맥과 대퇴 동맥에 동시에 삽관을 시행한 후 기준이 되는 요골 동맥의 카테테르는 교체하지 않고 대퇴 동맥의 카테테르의 길이와 내경을 다르게 교체하면서 기준이 되는 동맥압과의 차이를 비교해 봄으로써 동맥삽관을 통한 지속적 동맥압의

감시에 있어서 사용되는 카테테르의 길이와 내경의 크기가 혈압의 측정에 있어서 어떠한 영향을 미치는가를 알아보고자 하였다.

대상 및 방법

본 병원 심장 혈관 센터에서 선천성 심장 기형으로 인해 개심술이 예정된 5 kg에서 10 kg 사이의 소아 환자 중 혈관 질환, 단락 질환, 단락 수술의 기왕력 등 맥압에 영향을 미칠 수 있는 질환을 가진 경우와 응급 수술의 경우를 제외한 42명을 대상으로 하였다. 환자는 수술전처치 없이 수술상에 도착 직후 100% 산소를 흡입시키면서 ketamine 2 mg/kg를 정주하여 의식소실을 유도하고 vecuronium 0.2 mg/kg으로 근육이완을 시킨 후 기관내 삽관을 시행하였다. 마취유지는 ketamine 5 mg/kg를 근주한 후 ketamine 10 mg/kg/hr 점적주입과 함께 소량의 fentanyl과 흡입마취제를 사용하였고 혈관의 긴장도에 영향을 줄 수 있는 심혈관계 약물은 실험기간동안 사용하지 않았다. 모든 실험 과정은 마취 유도 후부터 혈액학적으로 안정이 된 후 시행하였으며 외과적 자극이 시작되기 전에 이루어졌다.

1-inch 22-gauge의 카테테르(Angiocath™, Becton-Dickison, USA)를 이용하여 동맥 삽관을 시행한 후 요골 동맥압(P_{rad})을 측정하여 이를 모든 대퇴 동맥압에 기준 값으로 하였으며 대퇴 동맥압 측정은 다음과 같은 순서로 이루어 졌다.

먼저 1.16-inch 20-gauge의 카테테르(Insyte™, Becton-Dickison, USA)를 이용하여 대퇴동맥 삽관을 시행한 후 대퇴 동맥압(P_{F20G})을 측정하였으며 그 후 22-gauge guide wire를 사용하여 1-inch 22-gauge의 카테테르로 교환하여 거치한 후 측정(P_{F22G}), 이후 다시 22-gauge guide wire를 사용해 20-gauge 카테테르로 교체한 후 20-gauge guide wire를 사용하여 12 cm 20-gauge 소아 중심정맥용 카테테르(ES-04150, Arrow, Germany)로 교체하여 측정(P_{F20A})하였다.

요골동맥관은 120 cm 길이의 low volume, high pressure 연결관(HS-M-120, Hyup Sung, Korea)을 2개의 three-way stopcocks를 이용해, 각각의 대퇴동맥관도 동일 연결관과 2개의 three-way stopcocks를 이용해 각각 전환기(Truwave™, Baxter, USA)에 연결 후 모니터(Hewlett Packard, USA)에 표시되는 수축기, 이

Table 1. The Effects of Catheter on the Pressure Ratio of Radial Artery and Femoral Artery (n = 42)

	R _{20G}	R _{22G}	R _{20A}
Systolic	104.9 ± 5.6	102.0 ± 5.4*	100.9 ± 5.6*
Mean	100.2 ± 5.7	101.1 ± 8.2	101.4 ± 4.4*
Diastolic	98.6 ± 8.1	98.7 ± 7.2	100.6 ± 6.7*

All values are mean ± SD. R_{20G}: femoral artery pressure of 20-gauge catheter/radial artery pressure of 20-gauge catheter × 100, R_{22G}: femoral artery pressure of 22-gauge catheter/radial artery pressure of 22-gauge catheter × 100, R_{20A}: femoral artery pressure of 20-gauge CVP catheter/radial artery pressure of 22-gauge CVP catheter × 100. *P < 0.05 compared with values of R_{20G}

완기 및 평균 동맥압을 기록하였다. 이후 기록된 요골 동맥과 대퇴 동맥의 수축기, 이완기 및 평균 동맥압의 비를 측정하여 표시하였으며 측정치들의 결과는 Mean ± SD로 나타내었다.

요골 동맥과 대퇴 동맥압의 비에 영향을 미칠 수 있는 인자로서 내경에 대한 평가는 R_{22G} (P_{F22G/P_{rad}}), R_{20G} (P_{F20G/P_{rad}})를 비교하였으며, 카테테르의 길이에 대한 평가는 R_{20G} (P_{F20G/P_{rad}}), R_{20A} (P_{F20A/P_{rad}})를 각각 paired t-test를 통해 검정하였으며 P < 0.05일 때 통계적으로 유의한 것으로 간주하였다.

측정된 대퇴 동맥 수축기 동맥압과 이완기 동맥압 간의 차이를 구해 맥압을 계산하였으며 이때 요골 동맥의 맥압과의 비(R_p)를 구해 1.16-inch 20-gauge 카테테르(R_{P20G}), 1-inch 22-gauge 카테테르(R_{P22G}), 12 cm 20-gauge 소아 중심 정맥용 카테테르(R_{P20A})의 맥압비를 구했으며 이들간의 차이를 paired t-test를 통해 검정하였다. P < 0.05일 때 통계적으로 유의한 것으로 간주하였다.

결 과

카테테르의 내경이 동맥압 측정치에 미치는 영향

수축기 동맥압 R_{20G} (104.9 ± 5.6)은 수축기 동맥압 R_{22G} (102.0 ± 5.4)보다 높게 측정되었으며 통계적으로 유의하였다. 평균 동맥압과 이완기 동맥압 R_{20G}는 R_{22G}보다 낮게 측정되었으나 통계적 유의성은 없었다(Table 1).

Table 2. The Effects of Catheter on the Pulse Pressure Ratio of Radial Artery and Femoral Artery (n = 42)

	R _{P20G}	R _{P22G}	R _{P20A}
	113.8 ± 13.6	106.6 ± 12.6*	102.0 ± 14.3*

All values are mean ± SD. R_{P20G}: femoral artery pulse pressure of 20-gauge catheter/radial artery pulse pressure of 20-gauge catheter × 100, R_{P22G}: femoral artery pulse pressure of 22-gauge catheter/radial artery pulse pressure of 22-gauge catheter × 100, R_{P20A}: femoral artery pulse pressure of 20-gauge CVP catheter/radial artery pulse pressure of 22-gauge CVP catheter × 100. *P < 0.05 compared with values of R_{P20G}

R_{P20G} (113.8 ± 13.6)는 R_{P22G} (106.6 ± 12.6)보다 컸으며 통계적으로 유의하였다(Table 2).

카테테르의 길이가 동맥압 측정치에 미치는 영향

수축기 동맥압 R_{20G} (104.9 ± 5.6)는 수축기 동맥압 R_{20A} (100.9 ± 5.6)보다 높게 측정되었고 통계적으로 유의하였다. 평균 동맥압 R_{20G} (100.2 ± 5.7)는 평균 동맥압 R_{20A} (101.4 ± 4.4)보다 낮게 측정되었고 통계적으로 유의하였다. 이완기 동맥압 R_{20G} (98.6 ± 8.2)는 이완기 동맥압 R_{20A} (100.6 ± 6.7)보다 낮게 측정되었고 역시 통계적으로 유의하였다(Table 1).

R_{P20G} (113.8 ± 13.6)는 R_{P20A} (102.0 ± 14.3)보다 컸으며 통계적으로 유의하였다(Table 2).

고 찰

본 연구 결과 내경이 큰 20-gauge 카테테르는 내경이 작은 22-gauge 카테테르에 비해 수축기 동맥압이 높게 측정되었으며 통계적 유의성을 보였다. 또한 카테테르의 길이가 주는 영향을 알아보기 위한 실험에서는 길이가 짧은 20-gauge 카테테르가 길이가 긴 20-gauge 카테테르보다 수축기 동맥압은 높게, 평균 동맥압과 이완기 동맥압은 낮게 측정되었으며 모두 통계적 유의성을 가졌다. 따라서 카테테르의 내경과 길이가 달라짐에 따라 측정되는 동맥압의 차이가 발생한다고 생각되며 내경이 크고 길이가 짧은 카테테르는 맥압을 크게 나타낼 수 있다. 이러한 맥

압 증가의 원인으로 카테테르의 내경이 크고 길이가 짧을수록 natural frequency가 작아 증폭 현상이 생긴 것이 아닌 가라고 생각할 수 있으나 이는 Shapiro 등이 제시한 결과와 일치하지 않고⁶⁾ 실제로, 다양한 카테테르를 교체하면서 각 동맥압 측정 체계가 가지는 natural frequency를 측정해 확인하지 않은 점을 고려할 때 이 보다는 다른 원인이 존재할 가능성도 있다고 생각된다.

20-gauge 소아 중심 정맥용 카테테르의 이완기 동맥압비(100.6 ± 6.7)는 22-gauge 카테테르의 이완기 동맥압비(98.7 ± 7.2)보다 통계적으로 의미 있게 높았으며 수축기 동맥압비와 평균 동맥압비는 의미 있는 차이를 보이지 않았다. 아마도 길이가 길어짐에 따라 수축기 동맥압이 낮게 측정되는 현상과 내경이 커짐에 따라 수축기 동맥압이 높게 측정되는 현상이 상쇄되어 나타난 결과일 것으로 생각된다.

현재 임상적으로 쓰이는 동맥압 측정 체계의 natural frequency는 10-15 Hz (600-900회/분)로 알려져 있다. 이 범위는 실제 동맥 파동의 frequency (심박동수 60-120회/분, 1-2 Hz)에 비해 상당히 큰 수치여서 이 두 개 파동의 natural frequency가 일치해서 공명현상에 의해 진폭의 증가 현상이 나타날 수 있는 가능성은 적을 수 있다고도 생각할 수 있다. 그러나 동맥압 파동은 한 개의 sine파동으로 구성된 것이 아니라 여러 sine파동의 합으로 구성되어 진다. 이 동맥 파동의 high-frequency component가 natural frequency에 가까워지면 증폭 현상이 일어나게 된다. 그러므로 실제 심박동수는 natural frequency의 범위에 들어가지 않으나 동맥압 파동을 이루는 sine파동 중에서 일부가 측정 체계의 natural frequency에 일치되는 현상이 일어나면 동맥압 파형의 증폭 현상을 유발할 수 있을 것이다. 따라서 측정 체계의 natural frequency를 되도록 높게 유지시키는 것이 이러한 증폭 현상을 예방할 수 있는 방법이 될 수 있다. 현재 일반적으로 사용되는 측정 체계의 natural frequency는 보통 이러한 증폭 현상을 일으킬 수 있는 범위보다 커서 만족할만한 범위를 가지는 것으로 받아들이고 있다.¹³⁾

지속적 동맥압 측정 체계를 이루는 인자로는 카테테르, 연결관을 비롯한 연결체계, 전환기, 입력된 정보를 처리하고 화면상에 표시하는 모니터 등이 있으며,¹⁴⁾ 이러한 인자들은 모두 측정되는 동맥압에 영

향을 미칠 수 있다. 이중 연결관 및 전환기의 길이나 크기가 측정 체계의 natural frequency와 damping coefficient에 미칠 수 있는 영향에 대하여는 많은 연구가 진행되어 왔어, 연결관 및 전환기의 길이와 내경이 작을수록, 그리고 연결관의 유순도가 작을수록 압력 측정 체계의 natural frequency를 증가시켜 증폭 현상을 줄일 수 있다고 한다.¹⁵⁾

그동안의 연구는 이처럼 주로 연결관에 대한 것이 대부분이었으며 동맥압 측정 체계의 구성 인자중 하나인 카테테르의 내경 및 길이가 동맥압 측정의 정확성에 영향을 줄 수 있는가에 대한 연구는 미미하다. 따라서 본 연구의 의미는 현재 널리 쓰이고 있는 카테테르의 종류에 따라 혈압 측정치가 다르게 나올 수 있다는 것을 제시한 첫 번째 연구라는 점에서 찾을 수 있다. Shapiro 등은 카테테르의 내경과 길이의 차이가 존재하면 natural frequency가 변할 수 있음을 제시하였다.⁶⁾ 이에 따르면 natural frequency는 카테테르의 내경에 비례하고 길이의 제곱근에 반비례한다. 그러나 사실 혈압 측정치에 영향을 줄 수 있는 인자로서 카테테르에 대한 연구는 미약한 것이 사실이다. 특히 소아에 있어서는 카테테르에 비해 동맥의 내경과 길이가 성인에 비해 상대적으로 작기 때문에 카테테르의 내경과 길이가 조금만 변해도 성인과는 달리 측정치에 큰 영향을 줄 수 있는 가능성이 존재할 것이다.

측정하는 동맥의 위치에 따라 말초 동맥압이 중심 동맥압보다 높게 측정될 수 있고,¹⁵⁾ 체외 순환 전후와 승압제 투여 시 중심 동맥압과 말초 동맥압의 차이가 역전되는 현상 등이^{2-5,16,17)} 알려져 왔다. 그러나 이들 연구는 말초 동맥과 중심 동맥에 각각 삼관하는 카테테르의 내경과 길이가 다른 것을 사용하거나,^{1,2,5,16)} 삼관하는 카테테르의 내경과 길이를 일관성 없이 사용해서¹⁷⁾ 연구 결과에 제한점이 있을 수 있다. 비록, 이들 연구에서 카테테르외의 동맥압 측정치에 영향을 줄 수 있는 다른 인자들은 모두 일정하게 유지했고 성인 환자를 대상으로 같은 카테테르를 사용한 다른 연구 결과와^{3,4)} 모두 일치하는 결과를 보였다하더라도 이번 연구 결과와 같이 몸무게와 체표면적이 작은 소아 환자에 있어서는 카테테르의 내경과 길이가 측정 동맥압치에 영향을 미칠 수 있으므로 결과해석에 있어서 이러한 점을 고려하는 것이 바람직할 것으로 생각된다.

이 연구의 제한점으로는 카테테르의 내경과 길이가 측정 동맥압치에 어떠한 영향을 줄 수 있는지에 대한 연구가 진행되었을 뿐 어느 것이 정확하게 동맥압을 반영하는지는 밝혀내지 못한 점을 들 수 있다. 따라서 다양한 내경과 길이를 가진 카테테르 중에서 측정 동맥압을 가장 정확하게 반영하는 카테테르의 내경과 길이를 밝혀내기 위한 연구가 진행되어야 할 것이다. 두 번째 제한점으로는 20-gauge 카테테르의 길이(1.16 inch)와 22-gauge 카테테르의 길이(1.0 inch)가 약간 달라 이들간의 비교에 있어서 순수하게 카테테르의 내경이 줄 수 있는 영향에 대한 비교가 불가능했었다는 점을 제시할 수 있다. 마지막으로, 카테테르의 내경과 크기를 달리함에 따라 실제 동맥압 측정 체계의 natural frequency를 측정하지 못한 점을 들 수 있다. Natural frequency간의 비교를 통해, 카테테르의 내경이 커지고 길이가 짧아질 때 생기는 맥압의 증가 현상이 natural frequency가 원인이 되었는지에 대한 해석이 가능할 수도 있었을 것이다.

결론적으로 소아 환자에서 카테테르의 내경이 커지고, 길이가 짧아질수록 맥압의 증가 현상을 관찰할 수 있었다. 향후 성인에 대해서도 연구가 진행되어야 할 것이며 카테테르가 동맥압 측정치의 정확도에 미치는 영향에 대한 연구가 필요할 것이다.

참 고 문 헌

1. Maruyama K, Horiguchi R, Hashimoto H, Ohi Y, Okuda M, Kurioka T, et al: Effect of combined infusion of nitroglycerin and nicardipine on femoral-to-radial arterial pressure gradient after cardiopulmonary bypass. *Anesth Analg* 1990; 70: 428-32.
2. 광영란, 유은숙, 배선준, 방서욱, 이춘수, 조범준 등: 유소아에서 체외순환 전후의 요골, 대퇴동맥압 간의 차이의 변화 비교. *대한마취과학회지* 1996; 30: 178-85.
3. Gravlee GP, Brauer SD, O'Rourke MF, Avolio AP: A comparison of brachial, femoral, and aortic intra-arterial pressures before and after cardiopulmonary bypass. *Anaesth Intens Care* 1989; 17: 305-11.
4. Rich GF, Lubanski RE, McLoughlin TM: Differences between aortic and radial artery pressure associated with cardiopulmonary bypass. *Anesthesiology* 1992;

- 77: 63-6.
5. Dorman T, Breslow MJ, Lipsett PA, Rosenberg JM, Balsler JR, Almog Y, et al: Radial artery pressure monitoring underestimates central arterial pressure during vasopressor therapy in critically ill surgical patients. *Crit Care Med* 1998; 26: 1646-9.
6. Shapiro GG, Krovetz LJ: Damped and undamped frequency responses of underdamped catheter manometer systems. *Am Heart J* 1970; 80: 226-36.
7. Shinozaki T, Deane RS, Mazuzan JE: The dynamic responses of liquid-filled catheter systems for direct measurements of blood pressure. *Anesthesiology* 1980; 53: 498-504.
8. Fiser DH, Graves SA, Jan Van Der AA: Catheters for arterial pressure monitoring in pediatrics. *Crit Care Med* 1985; 13: 580-3.
9. Reich DL, Moskowitz DM, Kaplan JA: Hemodynamic monitoring. *Cardiac Anesthesia*, 4th ed. Edited by Kaplan JA, Reich DL. Philadelphia: Saunders; 1999. pp 321-58.
10. Kim JM, Arakawa K, Bliss J: Arterial cannulation; Factors in the development of occlusion. *Anesth Analg* 1975; 54: 836-41.
11. Downs JB, Rackstein AD, Klein EF, Hawkins IF: Hazards of radial-artery catheterization. *Anesthesiology* 1973; 38: 283-6.
12. Vender JS, Watts DR: Differential diagnosis of hand ischemia in the presence of an arterial cannula. *Anesth Analg* 1982; 61: 465-8.
13. Mark JB, Slaughter TF, Reves JG: Cardiovascular monitoring. *Anesthesia*. 5th ed. Edited by Cucchiara RF, Miller ED Jr, Reves JG, Roizen MF, Savarese JJ. Philadelphia: Churchill Livingstone; 2000. pp 1117-206.
14. Gardner RM: Direct blood pressure measurement-Dynamic response requirements. *Anesthesiology* 1981; 54: 227-36.
15. Savino JS, Salgo I: Monitoring the anesthetized patient. *Introduction to anesthesia*. 9th ed. Edited by Longnecker DE, Murphy FL. Philadelphia: Saunders; 1997. pp 48-62
16. 오용석, 안 혁, 함병문: 심폐 체외순환 전후 요골 동맥과 대동맥에서 직접 측정된 혈압의 비교 연구. *대한마취과학회지* 1989; 22: 247-51.
17. 최 윤, 정영균, 송인현: 심폐 체외순환 중 요골 동맥압의 신빙성에 대한 연구. *대한마취과학회지* 1991; 24: 163-8.