소아과 : 제 45 권 제 9 호 2002년

□원 저□

Audible Doppler Ultrasound(8 MHz)를 이용한 소아와 영아에서 중심정맥 도관 삽입술에 관한 연구

서남대학교 의과대학 소아과학교실*, 울산대학교 의과대학 소아과학교실

안영준* · 정진영 · 홍수종

A Study on Central Vein Cannulation Using Audible Doppler Guidance in Children and Infants

Young Joon Ahn, M.D.*, Jin Young Jung, M.D. and Soo-Jong Hong, M.D.

Department of Pediatrics, College of Medicine, Seonam University, Namwon,*
Department of Pediatrics, College of Medicine, Ulsan University, Seoul, Korea

Purpose : Percutaneous cannulation of the central vein in children and infants may be technically difficult and can cause serious complications. There are many techniques to improve the success rate and to decrease the complications in central vein cannulation. This study was undertaken to determine whether audible Doppler guidance can help operators improve the results of central vein cannultion in pediatric ICU.

Methods : A total of 46 central vein cannulations were performed using audible Doppler guidance technique. Using an 8-MHz Doppler ultrasound device(Pocket-Dop II. iMex. USA), the artery and the vein were identified by their characteristic Doppler sounds.

Results : There was a total of 46 patients with 20 boys and 26 girls, respectively. The mean age was 3 years±45 months(range : 1-156 months). The number of infants was 18 and the mean age was 6.3±3.8 months(range : 1-12 months). The most common site of central vein cannulation was the right internal jugular vein(63%). The cannulation was successful in 44 out of 46 procedures (96%). The success rate at the first attempt was 59% with 48% in the patients who had the history of previous cannulation and 70% in the patients who did not, respectively. The success rate in infants was 94%(17 out of 18). The average access time was 5.2±8.3 minutes in children contrary to 7.5±10.3 minutes in infants. There were no serious complications, but six patients had complications including four hematoma, one arterial puncture, and one pneumothorax.

Conclusion : This central vein cannulation using Doppler guidance may improve the success rate of central vein cannulation and decrease the development of serious complications in infants and children. (J Korean Pediatr Soc 2002;45:1120-1125)

Key Words : Central vein cannulation, Audible Doppler ultrasound, Infants, Children

서 론

중심정맥 카테타 삽입의 적응증은 환자의 혈액량과 우심실 기능을 반영하는 중심정맥압 측정, 고단위 영양수액 투여, 혈액채취, 장기간의 화학 요법, 수액이나

접수 : 2002년 3월 26일, 승인 : 2002년 7월 9일
책임저자 : 홍수종, 울산의대 서울아산병원 소아과
Tel : 02)3010-4765 Fax : 02)2224-6978
E-mail : yjoon@hanmir.com

혈액을 다량투여 할 경우 등이다. 특히 소아에서 정맥 삽입 및 유지, 반복적인 혈액채취 등에 있어 성인보다 더 어려워 점차 중심정맥에 카테타를 삽입할 필요성이 증가하고 있다. 그러나 카테타를 중심정맥에 삽입하는 경우 성인과는 달리 소아와 영아에서는 경부가 짧고 해부학적 구조물의 구별이 어려워 중심정맥의 위치를 찾기가 쉽지 않다. 단순히 해부학적 구조물을 통한 중심정맥 삽입술의 성공률은 75-85% 정도로 낮고[1-3], 여러 심각한 합병증을 초래할 수가 있어[4-9] 쉽고 안전하게 카테타를 삽입하는 여러 가지 방법이 제시되어 있다. 중심정맥의 위치를 확인하는데 가장 좋은 도구는 초음파기계이지만[1, 10] 항상 사용하기에 어려움이 있을 뿐만 아니라 비용 면에서 문제가 된다.

저자들은 소아와 영아에서 audible Doppler ultrasound(8 MHz, 휴대용)를 이용하여 중심정맥 위치를 찾아 카테타를 중심정맥에 삽입하는 것이 유용한지 알아보고자 한다.

대상 및 방법

1. 대 상

2001년 4월부터 2001년 7월까지 서울아산병원 소아과에 입원한 환아 중 중심정맥에 카테타 삽입이 필요하였던 46명을 대상으로 하였다.

2. 방 법

카테타의 중심정맥 삽입은 좌우 내경정맥, 쇄골하정맥, 대퇴정맥 중 한곳을 선택하여 시행하였다. 보호자의 동의를 받고 환아는 소아 중환자실에서 심전도, 경피적 산소포화도 감시하에 카테타를 중심정맥에 삽입하였다. 먼저 우측 내경정맥을 통한 중심정맥 삽입을 우선 순위로 하였고 심장병의 복합기형에 따라 혹은 전에 중심정맥 도관을 삽입한 과거력에 따라 다른 부위를 선택하였다. 먼저 의료영상 저장 정보시스템(PACS)에서 보여주는 단순 흉부 방사선 사진을 이용하여 카테타가 상대정맥과 우심방이 만나는 지점이나 우심방에 위치하도록 하기 위해 쇄골 상방 1.5 cm에서 상대정맥과 우심방이 만나는 지점까지 거리를 측정하였다. 환자를 침대에 눕히고 어깨 밑에 딱딱한 침상보를 받쳐 경부가 신전되게 하였고 머리는 도관을 삽입할 반대 방향으로 돌리고 고정하였다. 휴대용, 8 MHz audible Doppler ultrasound(Pocket-Dop II, iMex, USA)를 이용하여 먼저 흉골상절흔(suprasternal notch)에서 외측으로 이동하면서 동맥혈류에 의한 소리를 찾아 경동맥(carotid artery)을 표시하였고, 이보다 외측 흉쇄유돌근 아래를 지나가는 정맥혈류에 의한 소리를 확인하여 내경정맥(internal jugular vein)를 표시하였다. 동맥 혈류는 소리가 규칙적이고 박동적으로 맥박이 뛰는 소리처럼 들리고 호흡과 무관하며, 정맥 혈류는 소리가 지속적으로 시냇물 흐르는 소리가 들리며 호흡에 따라 변할 수 있다. 베타딘 용액으로 천자할 부위를 소독한 후 동측의 유두를 향해 중심정맥 천자를 시행하였다. 천자시 바늘 끝이 쇄골을 넘어가지 않도록 45도, 혹은 65도 각도로 천자하였다. 환아의 연령 및 주입하는 약물의 양에 따라 two lumen, three lumen catheter 혹은 4 Fr, 5 Fr, 7 Fr(Arrow, Germany)의 카테타를 선택하였다. 시술자는 먼저 중심정맥 도관 삽입술을 3번 이상 교육을 받은 전공의가 시행하였으며 만일 실패한 경우에는 소아중환자 담당 전문의가 재차 시행하였다. 측정한 거리 만큼 카테타를 중심정맥에 삽입한 후 흉부 방사선 사진을 촬영하여 카테타의 위치를 확인하여 깊이를 조정하였다. 모든 조작은 무균조작을 하였고 모자와 마스크, 수술복을 입고 시행하였다. 또한 환아에게는 수면제를 주사하고 국소마취제를 사용하였다.

결 과

1. 대상 환아들의 특징

대상아는 46명의 환아로 남아 20명, 여아 26명이었으며 평균 연령은 3세였고, 평균 체중은 13.5 kg이었다. 환아들의 원인질환은 소화기계, 순환기계, 호흡기계 순이었고 인공호흡기를 사용했던 환아는 약 33%였다. 특히 12개월 미만의 영아는 18명으로, 평균 연령은 6.3개월, 평균 체중은 5.8 kg이었다(Table 1). 영아에서는 선천성 심장병, 소화기 질환(특히 담도폐쇄증), 호흡기질환 환아가 대부분을 차지하였으나 12개월 이상의 소아에서는 혈액 및 종양환자가 많았다.

2. 천자부위

천자를 시행한 부위는 소아나 영아에서 우측 내경정맥이 가장 많은 빈도를 차지하였고 좌측 내경정맥, 대퇴정맥, 쇄골하정맥 순이었다(Table 2).

3. 천자시간, 성공률 및 합병증

천자시간은 시술자가 천자침으로 피부를 천자하기 시작한 시간부터 천자 후 보조자가 guide wire를 삽입하여 혈관내로 들어가는 것을 확인한 순간까지의 시간으로 하였다. 간혹 혈관을 천자하여 혈액이 나오는 것을 확인했지만 guide wire가 진입되지 않아 실패한 경우가 있었다. 전체 대상 환아에서 평균 천자시간은 5.2분이었으며 소아는 3.7분, 영아는 7.5분 정도로 영아에서 시간이 오래 걸렸다. 평균 천자횟수는 전체 환아에서 2회, 소아에서 1.7회, 영아에서 2.6회였다. 성공률은 전체 소아에서 96%(44/46례), 영아는 94%(17/18례)였다. 합병증은 13%(6례) 발생하였으며, 혈종 4례, 기흉 1례, 동맥천자 1례였다(Table 3).

Table 1. Clinical Characteristics of the Patients

	Total (n=46)	Children (n=28)	Infant (n=18)
Male/Female	20/26	12/16	8/10
Age(months)*	36±45	58.5±35	6.3±3.8
Weight(kg)*	13.5±12.2	18.5±15.5	5.8±2.6
Ventilator	15	9	6
Cardiovascular	10	5	5
Neurologic	4	4	0
Gastrointestinal	11	5	6
Respiratory	8	3	5
Hemato & oncologic	7	7	0
Endocrine	4	4	0
Others	2	0	2

*Mean±SD

Table 2. The Inserted Sites of the Central Venous Catheters

	Total (n=46)	Children (n=28)	Infant (n=18)
Rt. IJV(%)*	29(63)	20(71)	9(50)
Lt. IJV(%)	9(20)	5(18)	4(22)
Femoral v.(%)	7(15)	3(11)	4(22)
Subclavian v.(%)	1(2)	0(0)	1(6)

*Rt. IJV : right internal jugular vein

4. 1회 시도로 성공한 경우의 결과

1회 시도로 성공한 경우는 전체 대상 환아가 59%(27/46례)였고, 소아는 75%(20/28례), 영아는 39%(7/18례)로서 어릴수록 성공률이 낮았다. 중심정맥 도관 삽입의 과거력이 없는 환자에서 성공률은 70%였으며 이중 소아 79%, 영아 56%였다. 그러나 중심정맥 도관 삽입술의 과거력이 있는 환아에서는 성공률이 48%였고, 이중 소아 64%, 영아 22%로써 도관 삽입술의 과거력이 있는 경우 성공률이 낮았다(Table 4). 1회의 시도로 성공한 경우 천자시간은 전체 환아에서 50초, 소아는 45초, 영아는 67초로 영아에서 천자시간이 오래 걸렸다.

고 찰

본 연구의 결과로 미루어 소아 중환자실에서 audible Doppler ultrasound(휴대용, 8 MHz)를 이용한 카테타의 중심정맥 삽입술은 높은 성공률을 보였다. 중심정맥 도관의 삽입은 중심정맥압을 측정할 수 있어 심장내 기능과 혈관내 혈액량을 파악할 수 있고, 말초정맥으로 줄 수 없는 약물들과 비경구적 고단위 경정맥영양을 하는데 도움이 된다. 혈압이 불안정한 중증 환자들이나 인공호흡기를 사용하고 있는 환자들에게는 다량의 수액투여 및 혈압상승 약물투여 등을 위해 많은 수의 정맥확보 및 유지가 필요하다. 특히 성인에 비해 소아에 있어서는 반복적인 혈액채취와 말초혈관의 확보 및 지속적인 유지 등이 어려워 중심정맥 도관의 삽입은 소아나 영아에게 더욱 필요하다.

Table 3. The Results of Audible Doppler-Guided Cannulation

	Total	Children	Infant
Access time(min)*	5.2±8.3	3.7±5.8	7.5±10.3
No. of attempts*	2±1.6	1.7±1.3	2.6±1.9
Success rate(%)	95.7	96.4	94.4
Complication(No)	Hematoma(4), Pneumothorax(1), Arterial puncture(1)	Hematoma(2), Pneumothorax(1), Arterial puncture(1)	Hematoma(2)

*Mean±SD

Table 4. The Results of Successful Cannulation with One Attempt

		Total	Children	Infant
Success rate(%)		59	75	39
Success rate(%)	(−)	70	79	56
Whether previous cannulation	(+)	48	64	22
Access time(sec)		50	45	67

중심정맥 도관의 삽입에는 접근하는 정맥의 위치에 따라 상지의 주전정맥(antecubital vein), 척측피정맥(basilic vein) 등의 말초정맥을 통한 방법[11]과 내경정맥, 쇄골하정맥, 대퇴정맥 등의 중심정맥에 직접 삽입하는 방법[1, 2, 10]이 있으며, 시행 방법에 따라 해부학적 구조물을 이용한 방법[1, 10]과 초음파를 이용하는 방법[1, 10], 침습적인 방법으로 정맥 절개술(cut down), 최근에는 Smart needle vascular access device를 이용하는 방법 등[12, 13]이 제시되고 있다. 그러나 상지의 말초정맥을 통한 중심정맥 도관 삽입술은 카테터의 내경이 작고 단일선이어 혈액채취가 어렵고, 삽입하고자 하는 위치에 선정하기가 어려워 이용에 많은 제한이 있다. 또한 중심정맥에 직접 삽입하는 경우 소아는 경부가 짧고 해부학적 구분이 분명치 않아 시술시 성공할 확률이 낮고[1-3] 여러 심각한 합병증인 긴장성 기흉, 과량의 혈흉, 신경손상, 심장압진, 심실세동 등을 초래할 수가 있다[4-9].

중심정맥 도관 삽입술의 성공률을 높이고 심각한 합병증 발생을 낮추기 위해 최근까지 초음파를 이용하여 카테타를 삽입할 때 가장 좋은 결과를 보이고 있다. 초음파를 이용한 방법은 직접 중심정맥의 위치를 영상으로 확인하여 삽입하기 때문에 높은 성공률과 낮은 합병증을 보이며 경동맥 천자나 혈종 등 경한 합병증이 대부분이었다[1, 2, 10].

100%의 높은 성공률과 천자시 걸리는 시간도 아주 짧아 1분 이내 시술하는 경우가 많았고, 천자횟수도 1.2-1.4회였고, 1회 시도시 성공률이 75%-85%였다[2, 10]. 영아에서도 초음파를 이용한 경우 중심정맥 도관 삽입술이 100% 높은 성공률을 보였고 천자시간도 평균 4.2분으로 짧았으며, 합병증도 없었다[3]. 그러나 성인과는 달리 소아나 영아는 경부가 짧아 초음파의 탐촉자를 목에 대면서 카테타를 중심정맥에 삽입하기에는 어려움이 있다. 또한 중심정맥 도관 삽입시 손쉽게, 언제든지 초음파기계를 이용할 수 없어 우리나라 형편에서는 실제적인 이용에 많은 제한이 있을 것으로 예상된다.

성인에서 해부학적 구조물을 통한 중심정맥 도관 삽입술의 성공률은 76-88%였으며[1, 2, 15], 천자시간이 3분 이내인 경우는 55%였다[1]. 24%에서 실패하였는데 그 원인으로 혈전, 정맥 연결 이상, 직경이 작은 정맥 등이었으며 흔한 합병증은 경동맥 천자(12%)였다[1]. 소아를 대상으로 한 연구에서는 해부학적 구조물을 통한 중심정맥에 카테타 삽입의 성공률이 75-85%로 성인과 큰 차이를 보이지 않았고[14, 17], 합병증은 10-25% 정도였다[16, 17]. 이러한 해부학적 구조물을 통한 중심정맥 도관 삽입의 실패하는 주된 원인은 내경정맥과 경동맥의 상대적 위치의 변이였다. 18%에서 비정상적인 정맥구조를 보이고, 10%에서 경동맥이 경정맥의 후측에 위치해 경동맥 천자를 보일 수 있다고 보고하였다[14]. 또한 위치가 정상적이라도 경정맥 혈관의 4%에서 직경이 비정상적으로 작았으며[14], 내경정맥의 위치가 5.5-12%에서 해부학적 구조물을 통한 예측된 위치보다 더 외측에 있었다고 보고하였다[1, 2].

본 연구에서는 대조군 연구를 시행하지 않았으나 기존의 해부학적 구조물을 이용한 중심정맥 카테타 삽입술 결과[1, 10, 14, 17]와 비교할 때 전체 대상 환아에서 중심정맥 도관의 삽입 성공률이 96%로 높은 성공률을 보였고, 천자시간이 3분 이내인 경우는 65%로 소아임에도 불구하고 좋은 결과를 보였다. 중심정맥에 카테타 삽입시 가장 선호한 부위는 우측 내경정맥이었고, 천자시간은 약 5분이었으며 천자 평균 횟수는 2회였다. 천자시간이 다른 연구에 비해 조금 더 걸린 것은 천자시간을 혈액이 나온 시간까지가 아니라 천자 후 guide wire를 혈관내에 넣어 성공한 것을 확인한 순간까지로 시간을 설정하였기 때문으로 생각된다. 합병증 발생율은 13%로서 다른 연구 결과[1, 2]와 차이가 없었고, 가장 흔한 합병증은 혈종이었다. 1례에서는 기흉을 보였으나 흉막천자를 시행하여 공기를 흡인한 후 재발되지 않고 호전되었다.

영아에서 해부학적 구조물을 통한 카테타의 내경정맥 성공률은 77%였고 천자시간도 평균 14분이었으며, 천자횟수는 평균 3.3회, 합병증 발생율(경동맥 천자)은 25%였다[3]. 특히 영아에서는 내경정맥에 아주 근접해서 경동맥이 있고, 혈관들의 직경이 작아 중심정맥에 카테타 삽입시 경동맥 천자가 더 많이 발생한다고 하

였다[3]. 본 연구 결과 영아에서 중심정맥 도관의 삽입 성공률은 94.4%였고, 천자시간은 평균 7.5분, 천자횟수는 평균 2.6회, 합병증 발생율은 11%로 훨씬 좋은 결과를 보였다. 이는 Doppler ultrasound device가 아주 어린 영아에서도 내경정맥의 위치를 정확히 찾게 해 줌으로써 중심정맥 도관 삽입율을 증가시켰다.

그리고 소아와 영아를 비교하면 중심정맥 도관의 삽입 성공률은 각각 96.4, 94.4%로 큰 차이를 보이지 않지만 천자시간은 소아에서 3.7분, 영아는 7.5분, 천자횟수는 소아에서 1.7회, 영아는 2.6회로, 나이가 어릴수록 해부학적 구조가 불분명하고 시술자체가 어렵다는 것을 알 수 있었다.

또한 1회의 시도로 성공한 경우에 전체 대상 환아에서 성공률은 59%였고, 소아는 75%, 영아는 39%로 영아에서 훨씬 낮은 성공률을 보였다. 전체 대상 환아의 천자시간은 평균 50초였고, 소아는 45초, 영아는 평균 67초였다. 이는 어릴수록 해부학적 구조가 불분명하여 동맥과 정맥의 혈류구분이 쉽지 않음을 시사한다.

특히 중심정맥에 카테타를 삽입했던 과거력이 있는 환아에서 1회 시도로 성공한 경우는 48%였고, 소아는 64%, 영아는 22%였다. 또한 중심정맥에 카테타 삽입을 시행한 과거력이 없는 환아의 1회 시도 성공률은 70%였고, 소아는 79%, 영아는 56%로써 과거력 없이 처음으로 중심정맥에 카테타를 삽입할 때 더 좋은 성공률을 보였다. 이는 과거에 중심정맥에 카테타를 삽입한 경우 정맥이 부분적으로 폐쇄되거나, 측부순환이 발생되어 정맥혈류의 소리를 구분하기가 힘들어 카테타 삽입이 어려웠던 것으로 추정된다.

결론적으로 본 연구에서 audible Doppler ultrasound를 이용하여 쉽게 중심정맥 위치를 확인하여 중심정맥에 카테타 삽입을 성공적으로 수행할 수 있었다. 물론 초음파가 중심정맥의 위치를 확인하는데 가장 좋은 도구이지만 국내 여건상 이용이 제한되어 있어 간편하게 휴대할 수 있는 Doppler ultrasound를 이용하여 중심정맥의 위치를 찾아 중심정맥에 도관 삽입술의 성공률을 높이고, 합병증 발생을 줄일 수 있으리라 생각한다. 또한 소아과 의사가 직접 Doppler ultrasound를 이용하여 신속하게 중심정맥 카테타를 삽입함으로써 환아에게 더 빠르고 적극적인 처치를 할 수 있으리라 생각한다.

요 약

목 적 : 소아에서 장기간의 정맥유지, 고단위 영양수액투여, 혈액채취, 중심정맥압 측정 등을 위해 중심정맥 도관 삽입술을 시행하고 있다. 그런데 소아는 경부의 해부학적 구조의 구별이 어려워 중심정맥에 도관 삽입이 상당히 어렵고, 여러 가지 심각한 합병증을 초래할 수가 있다. 저자들은 소아에서 audible Doppler ultrasound(8 MHz)를 이용하여 쉽게 중심정맥을 확인하여 카테타를 삽입할 수 있는지 알아보고자 하였다.

방 법 : 2001년 4월에서 7월까지 서울아산병원 소아과에 입원한 환아 중 중심정맥 삽입술을 시행한 46명을 대상으로 하였다. 휴대용, 8 MHz Doppler ultrasound device(Pocket-Dop II, iMex, USA)를 이용하여 중심정맥 삽입술을 시행하였고, 이들 환아에서 삽입술의 성공률과 천자시간, 천자횟수, 합병증 등을 조사하였다.

결 과 :

1) 대상 환아는 46례로 남아 20례, 여아 26례였고 평균연령은 3세(범위 1-156개월)였으며, 특히 영아는 18명이었으며 평균연령은 6.3개월이었다.

2) 중심정맥에 도관을 삽입한 가장 흔한 부위는 우측내경정맥(63%)이며, 다음으로 좌측내경정맥, 대퇴정맥, 쇄골하정맥 순이었다.

3) 중심정맥 도관 삽입술의 성공률은 96%(46례 중 44례)였으며, 소아는 96%였고, 영아는 94%였다.

4) 평균 천자시간은 5.2분이었고, 소아는 3.7분, 영아는 7.5분 소요되었다.

5) 46례 중 6례에서 합병증이 발생했으며, 혈종 4례, 동맥천자 1례, 기흉 1례 등이었다.

6) 1회 시도 성공률은 전체 환아는 59%였으며, 소아는 71%, 영아는 39%였다. 중심정맥 삽입 과거력이 없을 경우 전체 환아의 1회 시도 성공률은 70%였고, 있을 경우는 48%였다.

결 론 : 소아나 영아에서 휴대용, 8 MHz Doppler ultrasound device를 이용하여 쉽게 중심정맥의 위치를 확인하여 중심정맥 도관 삽입술의 성공률을 높이고, 심각한 합병증을 줄일 수 있어서, audible Doppler ultrasound를 이용하여 중심정맥 도관 삽입술을 시행하는 것이 유용할 것으로 생각한다.

참 고 문 헌

1) Slama M, Novara A, Safavian A, Ossart M, Safar M, Fagon JY. Improvement of internal jugular vein cannulation using an ultrasound-guided technique. Intensive Care Med 1997;23:916-9.
2) Denys BG, Uretsky BF. Anatomical variations of internal jugular vein location; impact of central venous access. Crit Care Med 1991;12:1516-9.
3) Verghese ST, McGill WA, Patel RI, Sell JE, Midgley FM, Ruttiman, UE. Ultrasound-guided internal jugular venous cannulation in infants; a prospective comparison with the traditional palpation method. Anesthesiology 1999;91:71-7.
4) Cook TL, Dueker CW. Tension pneumothorax following internal jugular cannulation and general anesthesia. Anesthesiology 1976;45:554-5.
5) McEnany MT, Austen WG. Life-threatening hemorrhage from inadvertent cervical arteriotomy. Ann Thorac Surg 1977;24:233-6.
6) Vest JV, Pereira MB, Senior RM. Phrenic nerve injury associated with venipuncture of the internal jugular vein. Chest 1980;78:777-9.
7) Shepp RE, Guinney WB. Fatal cardiac tamponade; occurrence with other complication after left internal jugular vein catheterization. JAMA 1985;248:1632.
8) Sprigge JS, Oakley GDG. Carotid artery palpation during internal jugular cannulation and subsequent ventricular fibrillation. Br J Anaesth 1979;51:807.
9) Morgan RN, Morrell DF. Internal jugular catheterization; a review of a potentially lethal hazard. Anaesthesia 1981;36:512-7.
10) Troianos CA, Jobes DR, Ellison N. Ultrasound-guided cannulation of the internal jugular vein; a prospective, randomized study. Anesth Anal 1991;72:823-6.
11) Chait PG, Ingram J, Phillips-Gordon C, Farrell H, Kuhn C. Peripherally inserted central catheters in children. Radiology 1995;197:775-8.
12) Macintyre PA, Samra G, Hatch DJ. Preliminary experience with the Doppler ultrasound guided vascular access needle in paediatric patients. Paediatr Anaesth 2000;10:361-5.
13) Lobe TE, Schropp KP, Rogers DA, Rao BN. A "Smart Needle" to facilitate difficult vascular access in pediatric patients. J Pediatr Surg 1993;28:1401-2.
14) Alderson PJ, Burrows FA, Stemp LI, Holtby HM. Use of ultrasound to evaluate internal jugular vein anatomy and to facilitate central venous cannulation in paediatric patients. Br J Anaesth 1993;70:145-8.
15) Sznajder JI, Zveibil FR, Bitterman H, Weiner P, Bursztein S. Central vein catheterization; failure and complication rates by three percutaneous approaches. Arch Intern Med 1986;146:259-61.
16) Hayashi Y, Uchida O, Takaki O, Ohnishi Y, Nakajima T, Kataoka H, et al. Internal jugular vein catheterization in infants undergoing cardiovascular surgery; a analysis of the factors influencing successful catheterization. Anesth Anal 1992;74:688-93.
17) Nicolson SC, Sweeney MF, Moore RA, Jobes DR. Comparison of internal and external jugular cannulation of the central circulation in the pediatric patient. Crit Care Med 1985;13:747-9.