중환자실에서 말초 정맥 삽입형 중심정맥관을 시행한 환자의 임상양상

영남대학교병원 외과

김형주 · 정창연 · 배정민

Clinical Characteristics of Peripherally Inserted Central Catheter in Critically Ill Patients

Hyoung-Joo Kim, M.D., Chang-Yeon Jung, M.D., Jung-Min Bae, M.D.

Department of Surgery, Yeungnam University Medical Center, Daegu, Korea

Purpose: Ensuring the stability of central venous catheter placement for treating patients hospitalized in an intensive care unit is very important. Although PICC requires an ultrasound and fluoroscopy machine, it is difficult to use a fluoroscopy machine for PICC insertion in the intensive care unit. This study analyzed the cases of the insertion of a PICC under ultrasonic guidance at the bedside in the intensive care unit to determine the usefulness of PICC in the intensive care unit.

Methods: A retrospective study was conducted on patients hospitalized in the surgical intensive care unit and received PICC using ultrasonography at their bedsides from October 2015 to January 2018.

Results: One hundred and twenty patients were collected. The number of successful PICCs stood at 105 patients, which was equal to 87.5%. Among them, 65 and 55 cases had left and right insertion, respectively; the corresponding success rate was 81.8%, and 92.3%. No statistically significant difference in success rates was observed between the left and right, as well as in the success rates depending on the presence of shock, sepsis, acute kidney injury, and mechanical ventilation. In the failed 15 cases, seven cases were due to the course of the procedure and eight cases were confirmed have been malpositioned after insertion.

Conclusion: PICC at the bedside in an intensive care unit is a safe method for central venous catheterization without severe complications and death. The insertion sites, left or right, are equally acceptable. Further study of the cases of malposition will be necessary. (*J Acute Care Surg* 2019;9:18-24)

Key Words: Peripherally inserted central catheter, Catheterization, peripheral, Critical illness, Intensive care units

Correspondence to:

Jung-Min Bae, M.D.
Department of Surgery,
Yeungnam University Medical
Center, 170 Hyeonchung-ro,
Nam-gu, Daegu 42415, Korea
Tel: +82-53-620-3580
Fax: +82-53-624-1213
E-mail: netetern@naver.com
ORCID:
<https://orcid.org/0000-0003-0923-763X>

Received December 20, 2018, Revised March 31, 2019, Accepted April 1, 2019

Copyright © 2019 by Korean Society of Acute Care Surgery

© This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ISSN 2288-5862(Print), ISSN 2288-9582(Online)

<https://doi.org/10.17479/jacs.2019.9.1.18>

서론

중심정맥관은 임상적으로 여러 가지 목적으로 사용되고 있다. 특히 중환자에서 중심정맥관을 통해 대량 수액 투여, 대량 수혈, 심혈관계 약물 투여, 중정맥염양, 승압제 등의 목적으로 중심정맥관이 필요한 경우가 많다. 최근에는 장기간 중심정맥관을 통한 치료가 필요한 중환자를 대상으로 안정적인 정맥로 확보를 위하여 말초 혈관 삽입형 중심정맥관(peripherally inserted central catheter, PICC)이 사용되고 있다. PICC는 전통적인 쇄골하 중심정맥관에 비하여 삽입 시 일어날 수 있는 출혈, 기흉과 같은 합병증이 적고 관리가 용이하며 감염 발생률이 낮아 장기간 유지가 가능할 수 있는 것이 장점으로 알려져 있다.

PICC 삽입술은 일반적으로 초음파로 상완의 정맥을 찾아 천자하여 투시조영술 유도하에 카테터를 적절하게 위치시키는 시술로 이루어진다. 하지만 투시조영술을 위해서는 통상적으로 투시조영 장비를 이용할 수 있는 수술실로 환자를 이동시켜야 한다. 그러나 중환자의 경우 혈액학적으로 불안정하고, 호흡 부전 및 급성 신손상 등으로 인공호흡기, 혈액투석기 등의 여러 장비가 필요한 치료의 경우가 많아 중환자실에서 수술실로 이동하는 과정이 번거롭고 위험하며, 수술실에서의 시술 중 응급상황에 대처가 어려운 점이 있다. 따라서 가능하다면 수술실로의 이동 없이 중환자실 내의 침상에서 PICC를 시술하는 것이 안전하다고 생각된다. 그러나 중환자실에서 PICC를 시행할 경우 투시조영 장비를 이용하기 어려워 위치이상의 가능성이 있다. 또한 중환자는 혈액학적으로 안정한 환자에 비하여 승압제인 혈관수축제 등을 사용했을 때 말초 혈관의 상태가 적절하지 않을 수도 있다.

저자들의 연구는 중환자를 대상으로 중환자실 침상에서 초음파 유도하 PICC를 삽입한 경우를 분석하여 중환자실에서 PICC의 유용성에 대하여 알아보하고자 하였다.

대상 및 방법

본 연구는 2015년 10월부터 2018년 1월까지 외과계 중환자실에서 초음파 유도하 PICC를 삽입한 환자를 대상으로 하였다.

환자를 양와위로 시술하려는 팔을 외전시켜 고정하고, 시술하려는 팔을 결정할 때는 유지 중인 카테터가 없는 쪽을 우선 고려하였다. 시술은 혈행 감염 예방을 위해 최대멸균차단법을 시행하였고, 5-french dual-lumen 카테터를 사용하였으며 2% chlorhexidine을 사용하여 무균적 예방조치를 시행하였다. 그리고 이동식 초음파 유도하 micro introducer technique를 사용하였다. 카테터 길이

결정은 시술 전 삽입 부위와 액와부, 복장 패임부를 지나 복장뼈 중간 부위의 길이를 측정하여 결정하였다. 시술 후에는 흉부 단순촬영으로 카테터의 위치를 확인하였다.

성공의 기준은 PICC를 위에 기술된 방법으로 시술하고 기능이 확인되고 흉부 단순촬영상 카테터 끝이 대강의 상대정맥 부위에 위치한 경우를 기준으로 하였다. 실패의 경우는 혈관 천자가 되지 않은 경우와 그 이후 과정에서 실패한 경우, 그리고 위치이상인 경우, 세 가지로 나누었다. 위치이상의 기준은 상대정맥 외에 카테터 끝이 위치한 경우로 하였다.

환자의 임상적 상태와 시술한 팔의 위치 등을 후향적으로 조사 및 분석하였다. 본 연구는 영남대학교병원 임상윤리심의위원회의 승인을 받았으며 해당하는 경우 환자동의서를 받았다(IRB no. 2018-03-007).

Shock의 정의는 수축기 동맥 혈압이 90 mmHg 미만으로 혈압 유지를 위하여 승압제 지속 사용이 필요한 경우로 하였다. Hemorrhagic shock의 정의는 Trauma Associated Severe Hemorrhage (TASH) score [1]를 따랐으며, Sepsis의 정의는 Napolitano [2]가 발표한 “Sepsis 2018”의 기준에 따라 정의하였다.

자료의 분석은 SPSS ver. 12.0 프로그램(SPSS Inc., Chicago, IL, USA)을 이용하였다. 상관관계 분석은 chi-square test를 이용하였다. 모든 경우에서 p값이 0.05 미만인 경우를 통계적으로 유의하다고 판정하였다.

결과

2015년 10월부터 2018년 1월까지 외과계 중환자실에서 초음파 유도하 PICC를 삽입술을 시행 받았던 경우는 120예였다. 남자는 73명, 여자는 47명이었다. 60~79세가 69명으로 가장 많은 연령대를 차지하였다. 91예는 수술 후 중환자실에서 치료 중인 경우였다. 좌측으로의 삽입이 65예, 우측으로의 삽입이 55예였다(Table 1).

전체 성공은 120예 중 105예로 성공률은 87.5%였다. 좌측과 우측의 삽입 부위 따른 성공률은 통계적으로 유의한 차이가 없었다. 기타, 쇼크나 패혈증, 급성 신손상, 기계 환기 여부 등에 따른 성공률의 통계적 차이도 없었다(Table 2).

실패한 경우는 총 15예로 이 중 7예는 시술 중 확인된 경우로 6예는 혈관 천자 과정에서 실패하였고, 1예는 천자 이후 과정에서 실패한 경우이다. 나머지 8예는 위치이상인 경우로 그 중 동측 경정맥에 위치한 경우가 5예이고 반대측 경정맥에 위치한 경우가 1예, 동측 쇄골하정맥 내에 위치한 경우가 2예였다. 이 중 6예에서 시술 후 흉부 단순촬영으로 확인이 되었으며(Fig. 1), 2예에서는

Table 1. Patients characteristics (n=120)

Characteristic	No. of patients (%)
Sex	
Male	73 (60.8)
Female	47 (39.2)
Age (y)	
80~99	29 (24.2)
60~79	69 (57.5)
40~59	11 (9.2)
20~39	11 (9.2)
Status	
Postoperative state	91 (75.8)
Acute kidney injury state	37 (30.8)
Ventilator applied state	91 (75.8)
Shock state	58 (48.3)
Sepsis state	96 (80.0)
Hemorrhagic shock state	5 (4.2)
Trauma patients	18 (15.0)
Insertion site	
Right arm	55 (45.8)
Left arm	65 (54.2)

시술 중 초음파로 확인하였다. 위치이상 비율은 6.7%였다(Table 3). 모든 환자에서 PICC 시술에 따른 중요 합병증이나 사망은 없었다.

고찰

중환자실 환자를 치료하기 위해 여러 가지 목적으로 중심정맥관을 삽입해야 하는 경우가 있다. 전통적으로 쇄골하 정맥이나 내경 정맥을 통해 중심정맥관(centrally inserted central catheter, CICC)을 삽입하여 왔다. 문헌상 최초의 PICC 삽입이 1929년 독일에서[3] 시행된 이후 PICC의 재질이나 삽입 기술에 많은 발전이 있었다. 최근에는 PICC를 삽입하는 경우가 많아지고 있는데, 이는 PICC가 카테터 관련 혈류 감염률이 낮다고 알려져 있고 [4], 삽입할 때 발생할 수 있는 혈흉, 기흉, 폐손상의 위험성이 낮기 때문이다[5]. 그러나 이에 반해 카테터 관련 심부정맥 혈전증 발생률은 높다고 알려져 있다[6]. 이런 단점에도 불구하고 여러 장점들로 저자들은 PICC를 선호하고 있다.

중환자는 혈액학적으로 불안정하거나 호흡 부전 등이 있는 고위험 환자인 경우가 대부분으로 환자를 다른 장소로 이동하는 것은 위험하다고 알려져 있다[7,8]. 그래서 PICC는 수술실에서도 삽입할 수 있으나, 환자의 침상에서도 삽입이 가능하므로 상태가 불안정한 중환자들은 중환자실 침상에서 삽입하는 것이 더 안전

Table 2. Analysis of factors for success rate

Variable	Total	Success (n=105)	Failure (n=15)	p-value
Insertion site				0.247
Right arm	55	45 (81.8)	10 (18.2)	
Left arm	65	60 (92.3)	5 (7.7)	
Septic Shock state				0.442
Yes	58	52 (89.7)	6 (10.3)	
No	62	53 (85.5)	9 (14.5)	
Post-operative state				0.191
Yes	91	79 (86.8)	12 (13.2)	
No	29	26 (89.7)	3 (10.3)	
Sepsis state				0.139
Yes	96	85 (88.5)	11 (11.5)	
No	24	20 (83.3)	4 (16.7)	
Acute kidney injury state				0.636
Yes	37	33 (89.2)	4 (10.8)	
No	83	72 (86.7)	11 (13.3)	
Ventilator applied state				0.672
Yes	91	79 (86.8)	12 (13.2)	
No	29	26 (89.7)	3 (10.3)	
Hemorrhagic shock state				0.738
Yes	5	5 (100.0)	0 (0.0)	
No	115	100 (87.0)	15 (13.0)	
Trauma patients				0.595
Yes	18	18 (100.0)	0 (0.0)	
No	102	87 (85.3)	15 (14.7)	
Total	120	105 (87.5)	15 (12.5)	

Values are presented as number only or number (%).

하다고 생각한다. 수술실에서 삽입한 경우와 중환자실 침상에서 삽입한 경우, 일반병실에서 삽입한 경우에 대하여 직접적으로 비교한 연구는 없다. 그러나 중환자실 침상에서 초음파 유도하 PICC를 삽입하는 것에 대해 국내의료기관에서 예비 연구로 보고된 바가 있으며, 47명의 중환자에게 침상에서 PICC를 실행한 연구는 74.5%로 보고되었다[9]. 또한, 일반 침상에서 시행한 PICC 성공률은 94%로 보고하였다[10]. 저자들의 연구에서는 성공률이 87.5%였으며, 다른 연구자들의 성공률은 74.5% [9], 86.5% [10], 94.6% [11]로 다른 연구와 큰 차이가 없는 것으로 생각한다.

수술실에서 삽입하는 경우보다 중환자실 침상에서 PICC를 삽입하는 경우에는 몇 가지 제약이 따른다. 대표적으로 투시조영 이미지 이용이 어렵기 때문에 PICC의 정확한 위치를 선정하기 어렵다. 따라서 침상에서 삽입하는 경우에는 위치이상의 가능성이 존재한다. 기존 연구에 따르면 위치이상 가능성은 3~37% 정도라고 하였다[12-15]. 앞서 언급한 중환자실에서의 국내 예비 연구에서는 위치이상 비율이 8.5%라고 보고하였고[9], 침상에서

Fig. 1. Chest anteroposterior (AP) views in malposition. (A) Tip location: ipsilateral jugular vein. (B) Tip location: catheter twisting in ipsilateral subclavian vein. (C) Tip location: ipsilateral jugular vein. (D) Tip location: ipsilateral jugular vein. (E) Tip location: ipsilateral jugular vein. (F) Tip location: contralateral subclavian vein.

삽입한 국외 연구에서는 7.9%로 보고되었으며[11], 저자들의 위치이상 비율은 6.7%였다. 그러나 위치이상의 적용 기준을 엄격하게 적용한 Baek 등[16]의 연구에서 성공률은 33.3%로 나타났다.

하지만 이러한 위치이상의 정의는 명확히 정의된 바가 없으며, 연구마다 달라서 직접적인 비교는 어렵다. 저자의 연구에서 위치이상의 판단 기준은 상대정맥 외에 위치한 경우로 하였다. 다른

연구에서는 기관용골을 기준으로 하여 위치이상을 판단한 경우가 있고[17], 또 우심방 입구에서의 거리를 기준으로 판단한 경우도 있었다[1]. 저자들과 비슷한 기준으로 위치이상을 판단한 경우도 있었다[11]. 그러나 카테터의 tip 위치를 우심방과 상대정맥의 해부학적 위치에서 카테터까지의 명확한 거리까지 측정하여 위치이상을 판단하기에는 현실적으로 어려움이 있다. 그러나 위치

Table 3. Cause of venous access failure and site of malposition

Failure	No. of failure (n=15)
Venous access	6
Puncture failure	5 (83.3)
Artery puncture	1 (16.7)
Post-venous access	1
Wire insertion fail	1
Malposition	8
Ipsilateral jugular vein	5
Contralateral jugular vein	1
Ipsilateral subclavian vein	2

Values are presented as number only or number (%).

이상으로 인한 카테터 tip 위치는 혈전증에 의한 위치이상의 원인이 되고, 카테터 거치 기간 단축을 초래할 수 있다고 하였다[18]. 카테터 tip이 너무 높을 경우 위치이상 위험성이 증가하게 되고 [19], 너무 낮은 경우 부정맥 등이 나타난다[20]. 이러한 이유로 위치이상의 정의나 기준의 설정이 필요하다고 생각한다. 또한 기능이 양호한 위치이상의 경우에 대해서 PICC를 제거하고 재삽입을 할 것인지, 위치이상 임에도 불구하고 사용할 것인지에 대해 명확한 근거는 없다. 특히, 혈관의 상태가 불량하여 PICC도 어렵게 삽입한 환자에서는 재삽입이 쉽지 않은 경우도 있어서 문제가 된다. 이러한 임상 상황에 대한 추후 조치에 대해서는 근거가 명확하지 않으므로 추후 연구가 필요하리라고 생각한다.

이와 같은 문제점 때문에 중환자실 침상에서 투시조영 이미지를 이용하지 않고 PICC를 시행함으로써 발생하는 위치이상을 줄이기 위한 다양한 방법들이 시도되고 있다. 우선 기존에 PICC insertion 중에 머리를 삽입 방향으로 돌리기, 쇄골상와 누르기, 생리식염수 주입하며 삽입하기, flexible J-wire 사용이 기본적으로 제시되고 있다[21-25]. 삽입 중 초음파로 내경 정맥을 확인하여 위치이상을 교정하는 방법이 있는데 이 경우 시술 후 흉부 방사선 사진으로 비교한 위치이상이 7.4%에서 0.7%로 감소하였다[10]. 저자들의 위치이상 양상에서는 동측 내경 정맥으로 위치한 경우 외에도, 동측 쇄골하 정맥과 반대측 내경 정맥으로의 위치이상 증례가 있었다. 이러한 반대측 내경 정맥이나 동측 쇄골하 정맥에서의 위치이상의 경우에는 침상에서 PICC를 삽입할 경우, 위에서 기술된 방법으로도 예방할 수 없을 것으로 생각된다.

이밖에 real time tip navigation and confirmation system을 이용하여 tip을 확인하며 시술하는 방법도 있었고, 이경우는 위치이상이 20%에서 0%로 감소하였다고 보고하였다[26]. 이러한 방법들에도 불구하고, 저자들은 적극적으로 적용하지는 않았다. 추후

이러한 위치이상을 줄이는 방법을 적용하여 연구해 볼 필요성이 있다고 생각한다.

CICC는 우측과 좌측의 삽입 부위에 따른 성공률에 대한 연구가 관상동맥우회로를 받은 환자들을 대상으로 연구된 바가 있다. 이 연구에서는 우측과 좌측의 성공률 차이는 없는 것으로 알려져 있다[27]. 그러나 PICC의 경우에는 우측과 좌측 중에 우측이 더 성공률이 높다고 연구된 바가 있다[28]. 또한 좌측의 경우 위치이상이나 혈전증이 생길 가능성이 증가하기 때문에 우측에 시행하는 경우가 좀더 유리하다는 연구가 있었다[29]. 저자들의 연구에서는 우측이 81.8%, 좌측이 92.3%였으며 통계적으로 유의한 차이는 없었다. 따라서 PICC를 삽입할 때 성공률 측면에서는 우측과 좌측의 선택의 문제는 고려하지 않아도 된다고 생각된다. 그러나 우측과 좌측에 따른 혈전증 위험성과 같은 문제는 추후 무작위 연구를 통해서 근거를 마련할 필요가 있다고 생각한다.

본 연구에서는 환자의 여러 상태에 따른 성공률의 결과를 얻었으며 상태의 유무에 따른 성공률의 유의한 차이는 없었다. 따라서 중환자의 여러 조건에서도 성공할 가능성이 높음을 알 수 있었다. 기존 연구에서는 쇼크, 외상, 급성 신손상, 기계 환기와 같은 환자의 여러 상태에 대한 성공률의 차이를 보고한 연구는 없었다. 중환자실에서 PICC를 하는 데 있어 성공률이 낮은 경우를 보고한 연구는 없었으나, 기존에 PICC의 금기증으로 제시된 것은 정맥의 크기가 3 mm 미만인 경우, 종격동 증후군, 상지에 마비나 감염, 화상, 이전에 임파선 제거 수술을 받은 경우 등이 있었고, 투석을 위한 동정맥루가 있는 경우에도 금기증에 해당되었다[29]. 저자들의 연구에서 상기에 제시된 금기증에 해당하는 환자는 명확하지 않다. 시술 당시에 정맥 크기를 측정하지 않아서 실제로 3 mm 이상이었는데, 3 mm보다 작았는지는 확인하기는 어렵다. 그럼에도 불구하고 삽입 부위의 정맥의 크기를 측정하지 않고서도 PICC 삽입 성공률이 높았으므로, 반드시 삽입 부위 정맥의 크기를 측정해야 하는가에 대한 것은 추후 연구가 필요하리라 생각된다.

저자들의 연구에는 몇 가지의 제한점이 있다. PICC 삽입을 시술하는 의료진이 일정하지 않아 능숙한 의료진과 능숙하지 않은 의료진이 연구에 포함되어 있을 수 있으며, 이로 인한 성공률의 차이가 있을 수 있으나 그에 대한 결과는 도출할 수 없었다. 삽입과정에서 시도 횟수에 따른 조사가 이루어지지 않아 성공률에 따른 정확도가 떨어질 수 있으며 실패 단계 또한 세부적으로 조사되지 못하였다. 또한 PICC를 삽입한 정맥의 굵기 등에 대한 기록이 없어 정맥의 상태에 따른 차이를 비교할 수 없었다. 환자의 상태가 복합적인 경우 PICC 삽입에 영향을 준 상태를 정확하게 알 수 없었으며, 급성기 이후 상태 호전 시에 이루어진 경우 삽입

당시의 상태로 재평가가 미흡하였다.

결론적으로 중환자실 침상에서 시행하는 PICC는 중대 합병증과 사망이 없는 안전한 중심정맥관 삽입법이라고 생각한다. 또한 우측과 좌측의 삽입 부위의 우선적 선택은 고려하지 않아도 될 것으로 생각한다. 중환자실 침상에서 시행하는 PICC는 위치이상의 가능성이 존재하나 예방하기 어려운 경우도 있는 것으로 생각한다. 그러나 위치이상의 경우 명확한 정의나 카테터 기능이 원활한 위치이상의 경우에 대한 지침이 없는 상태이므로 추후 위치이상의 정의나 대처에 대한 근거를 명확히 하는 연구가 필요하리라 생각한다.

Conflicts of Interest

No potential conflict of interest relevant to this article was reported.

References

1. Yücel N, Lefering R, Maegele M, Vorweg M, Tjardes T, Ruchholtz S, et al.; Polytrauma Study Group of the German Trauma Society. Trauma Associated Severe Hemorrhage (TASH)-Score: probability of mass transfusion as surrogate for life threatening hemorrhage after multiple trauma. *J Trauma* 2006;60:1228-36; discussion 1236-7.
2. Napolitano LM. Sepsis 2018: definitions and guideline changes. *Surg Infect (Larchmt)* 2018;19:117-25.
3. Di Santo MK, Takemoto D, Nascimento RG, Nascimento AM, Siqueira É, Duarte CT, et al. Peripherally inserted central venous catheters: alternative or first choice vascular access? *J Vasc Bras* 2017;16:104-12.
4. Gunst M, Matsushima K, Vanek S, Gunst R, Shafi S, Frankel H. Peripherally inserted central catheters may lower the incidence of catheter-related blood stream infections in patients in surgical intensive care units. *Surg Infect (Larchmt)* 2011;12:279-82.
5. Giuffrida DJ, Bryan-Brown CW, Lumb PD, Kwun KB, Rhoades HM. Central vs peripheral venous catheters in critically ill patients. *Chest* 1986;90:806-9.
6. Bonizzoli M, Batacchi S, Cianchi G, Zagli G, Lapi F, Tucci V, et al. Peripherally inserted central venous catheters and central venous catheters related thrombosis in post-critical patients. *Intensive Care Med* 2011;37:284-9.
7. Schwebel C, Clec'h C, Magne S, Minet C, Garrouste-Orgeas M, Bonadona A, et al.; OUTCOMEREA Study Group. Safety of intrahospital transport in ventilated critically ill patients: a multicenter cohort study*. *Crit Care Med* 2013;41:1919-28.
8. Parmentier-Decrucq E, Poissy J, Favory R, Nseir S, Onimus T, Guerry MJ, et al. Adverse events during intrahospital transport of critically ill patients: incidence and risk factors. *Ann Intensive Care* 2013;3:10.
9. Lee DS, Park CM. Clinical feasibility of ultrasound guided placement of peripherally inserted central catheters by intensivist: preliminary report. *J Acute Care Surg* 2014;4:13-7.
10. Schweickert WD, Herlitz J, Pohlman AS, Gehlbach BK, Hall JB, Kress JP. A randomized, controlled trial evaluating post-insertion neck ultrasound in peripherally inserted central catheter procedures. *Crit Care Med* 2009;37:1217-21.
11. Song L, Li H. Malposition of peripherally inserted central catheter: experience from 3,012 patients with cancer. *Exp Ther Med* 2013;6:891-3.
12. Clark RG. Malpositioning of central venous catheters. *Lancet* 1972;300:1395-7.
13. Lum PS, Soski M. Management of malpositioned central venous catheters. *J Intraven Nurs* 1989;12:356-65.
14. Fricke BL, Racadio JM, Duckworth T, Donnelly LF, Tamer RM, Johnson ND. Placement of peripherally inserted central catheters without fluoroscopy in children: initial catheter tip position. *Radiology* 2005;234:887-92.
15. Trerotola SO, Thompson S, Chittams J, Vierregger KS. Analysis of tip malposition and correction in peripherally inserted central catheters placed at bedside by a dedicated nursing team. *J Vasc Interv Radiol* 2007;18:513-8.
16. Baek S, Jung Y, Lee J, Kim H, Choi C. [A study on the usability and safety of bedside ultrasonic guided peripherally inserted central catheter]. *J Korean Soc Cardiovasc Interv Technol* 2014;17:232-7. Korean.
17. Stonelake PA, Bodenham AR. The carina as a radiological landmark for central venous catheter tip position. *Br J Anaesth* 2006;96:335-40.
18. Cotogni P, Pittiruti M. Focus on peripherally inserted central catheters in critically ill patients. *World J Crit Care Med* 2014;3:80-94.
19. Petersen J, Delaney JH, Brakstad MT, Rowbotham RK, Bagley CM Jr. Silicone venous access devices positioned with their tips high in the superior vena cava are more likely to malfunction. *Am J Surg* 1999;178:38-41.
20. Alvarez P, Schurmann P, Smith M, Valderrábano M, Lin CH. Position-dependent ventricular tachycardia related to peripherally inserted central venous catheter. *Methodist Debakey Cardiovasc J* 2016;12:177-8.
21. Bridges BB, Carden E, Takacs FA. Introduction of central venous pressure catheters through arm veins with a high success rate. *Can Anaesth Soc J* 1979;26:128-31.
22. Burgess GE 3rd, Marino RJ, Peuler MJ. Effect of head position on the location of venous catheters inserted via basilic veins. *Anesthesiology* 1977;46:212-3.
23. LaRue GD. Improving central placement rates of peripherally inserted catheters. *J Intraven Nurs* 1995;18:24-7.
24. Ragasa J, Shah N, Watson RC. Where antecubital catheters go: a study under fluoroscopic control. *Anesthesiology* 1989;71:378-80.
25. Smith SL, Albin MS, Ritter RR, Bunegin L. CVP catheter placement from the antecubital veins using a J-wire catheter

- guide. *Anesthesiology* 1984;60:238-40.
26. Tomaszewski KJ, Ferko N, Hollmann SS, Eng SC, Richard HM, Rowe L, et al. Time and resources of peripherally inserted central catheter insertion procedures: a comparison between blind insertion/chest X-ray and a real time tip navigation and confirmation system. *Clinicoecon Outcomes Res* 2017;9:115-25.
27. Tarbiat M, Manafi B, Davoudi M, Totonchi Z. Comparison of the complications between left side and right side subclavian vein catheter placement in patients undergoing coronary artery bypass graft surgery. *J Cardiovasc Thorac Res* 2014;6:147-51.
28. Jeon EY, Cho YK, Yoon DY, Hwang JH. Which arm and vein are more appropriate for single-step, non-fluoroscopic, peripherally inserted central catheter insertion? *J Vasc Access* 2016;17:249-55.
29. Griffiths VR, Philpot P. Peripherally inserted central catheters (PICCs): do they have a role in the care of the critically ill patient? *Intensive Crit Care Nurs* 2002;18:37-47.