

중심정맥도관 삽입 시 도관의 우심방 내 위치 확인을 위한 단순흉부촬영 영상 지표로서 기관용골-중심정맥도관 끝 거리의 유용성

연세대학교 의과대학 응급의학교실

박준민 · 정태녕 · 김민정 · 김선욱 · 박유석 · 정성필 · 김승호

Usefulness of Tip-to-Carina Distance as a Marker for Detecting Right Atrium Positioning of a Central Venous Catheter on Chest X-Ray

Joon Min Park, M.D., Tae Nyoung Chung, M.D., Min Joung Kim, M.D., Sun Wook Kim, M.D., Yoo Seok Park, M.D., Sung Pil Chung, M.D., Seung Ho Kim, M.D.

Purpose: Our goal was to check the effect of physique on tip-to-carina (TC) distance for detecting the right atrium (RA) position of a central venous catheter tip, and to determine the optimal cut-off value for TC distance.

Methods: We did a retrospective review of patients who were given chest computed tomography within 12 hours after central venous catheterization (CVC) between September 2005 and February 2009. We used electronic medical records (EMR) and a picture archiving communication system (PACS). TC/height ratio and TC/thoracic width ratio were used as height and thoracic width corrected TC distances. We developed receiver operating characteristic (ROC) curves for TC distance, TC/height and TC/thoracic width, and compared the area under curves (AUCs) of each. An optimal cut-off value for TC distance was obtained using ROC curves.

Results: A total of 88 patients were enrolled in our study to determine the optimal cut-off value for TC distance. Of the 88, records for 64 included height, which was required for comparing TC with height and thoracic width corrected TC. AUCs of TC, TC/height, and TC/thoracic width were,

respectively, 0.966, 0.962, 0.970. There was no statistically significant differences between them. The cut-off value for TC distance for detecting RA positioning of a CVC is 30 mm (Sensitivity = 100%, Specificity = 85.1%).

Conclusion: TC distance is a useful marker for detecting RA positioning of a CVC regardless of the patient's height and thoracic width. We suggest 30 mm as the optimal cut-off value for TC distance.

Key Words: Catheterization, Central venous, Radiography, Thoracic, Methods

Department of Emergency Medicine, Yonsei University, College of Medicine, Seoul, Korea

서 론

중심정맥도관의 삽입은 심장 전부하(preload) 측정, 수액치료, 투약 경로 등의 목적으로 응급실, 중환자실에서 빈번히 시행되고 있다. 다른 모든 침습적 술기와 마찬가지로 중심정맥도관 삽입의 경우도 합병증 발생이 문제가 될 수 있다. 특히, 중심정맥도관이 우심방에 위치할 경우 우심방 천공이 발생할 수 있는데 이에 따르는 심장눌림증이나 혈흉의 경우, 발생 빈도가 높지는 않지만 사망률이 65%에서 91%에 이르는 심각한 합병증이다¹⁻⁵⁾. 따라서 우심방 내 중심정맥도관이 위치할 경우 이를 조기에 발견하여 치명적인 합병증을 예방할 수 있는 검사 방법이 필요하다. 경식도 심장초음파가 가장 정확하게 중심정맥도관 끝의 위치를 확인할 수 있는 방법으로 알려져 있으나, 침습적인 술기이며, 응급실, 중환자실에서 쉽게 이용될 수 있는 방법이 아니다⁶⁻⁹⁾. 현재 가장 흔하게 이용되는 방법은 쉽게 시행할 수 있고 검사 비용이 저렴한 단순흉부촬영이다. 지금까지 단순흉부촬영을 통한 중심정맥도관 끝의 위치를 확인하기 위한 지표로 늑골사이공간, 흉추, 심장윤곽, 기관용골-중심정맥도관 끝 거리 (vertical distance from CVC tip to the carina, TC distance)가 제시되었다^{4,9-11)}. 기관용골-중심정맥도관 끝 거리 외 다른 지표는 해석하는 의사들 간에 차

책임저자: 정 태 녕

서울특별시 서대문구 신촌동 134

연세대학교 의과대학 응급의학교실

Tel: 02) 2228-2460, Fax: 02) 2227-7908

E-mail: hendrix74@gmail.com

접수일: 2009년 7월 27일, 1차 교정일: 2009년 8월 20일

게재승인일: 2009년 9월 25일

이를 보일 가능성이 높은 지표들이다⁹⁾. Reynolds 등⁸⁾은 단순흉부촬영으로 중심정맥도관의 위치를 확인하는 것은 신뢰도가 낮음을 밝혔다. 하지만 Wirsing 등⁹⁾은 경식도 심장초음파를 이용한 연구를 통해 기관용골-중심정맥도관 끝 거리 지표가 충분한 특이도를 갖고 있음을 보여주었고 최근에는 다른 지표들과 달리 해석자 간 편차가 적은 기관용골-중심정맥도관 끝 거리를 지표로 하는 연구들이 많이 진행되었다^{9,12,13)}. 그러나 이 연구들의 경우 체격의 영향에 대한 객관적인 고려 없이 기관용골-중심정맥도관 끝 거리의 절대값을 이용해 절사값(cut-off value)을 제시했으며, 연구들 간에 제시된 값의 차이가 컸다.

이에 따라 기관용골-중심정맥도관 끝 거리를 대상자의 체격을 반영하는 지표 중 키와 흉곽 폭으로 보정한 값과 그렇지 않은 절대값의 중심정맥도관의 우심방 내 위치 여부에 대한 진단 능력의 비교를 하고, 이를 통해 기관용골-중심정맥도관 끝 거리가 키나 흉곽 폭에 영향을 받지 않는 지표인지 알아보며, 높은 민감도 및 특이도를 보이는 기관용골-중심정맥도관 끝 거리의 절사값을 구하고자 연구를 진행했다.

대상과 방법

2005년 9월부터 2009년 2월까지 세브란스병원에 내원하여 우측 내경정맥 혹은 쇄골하정맥 접근을 통한 중심정맥도관 삽입 후 12시간 이내에 흉부전산단층촬영을 시행 받았던 환자의 단순흉부촬영 전후 영상(anterior-poste-

rior view, AP view) 및 흉부전산단층촬영의 영상과 의무기록을 후향적으로 조사하였다. 본 연구에 사용된 흉부전산단층촬영 기기는 LightSpeed VCT[®] (GE Medical Systems, Milwaukee, USA)와 Somatom-Sensation 64[®] (Siemens Medical Solution, Erlangen, German) 두 종류였다. 18세 미만의 소아, 기관 편위가 심하거나 주위 비정상 구조물로 인해 상대정맥이 가려진 경우와 같이 정상적인 해부학적 구조를 벗어난 경우, 영상불량으로 중

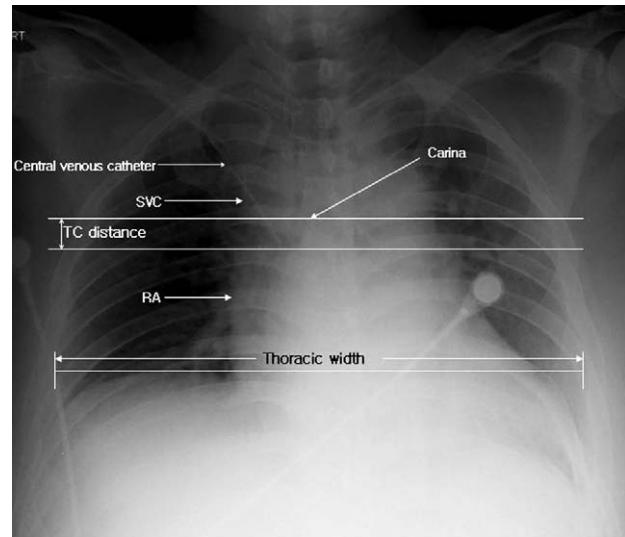


Fig. 1. Relation of central venous catheter and carina and measurement of thoracic width.
TC: tip to carina, SVC: superior vena cava, RA: right atrium

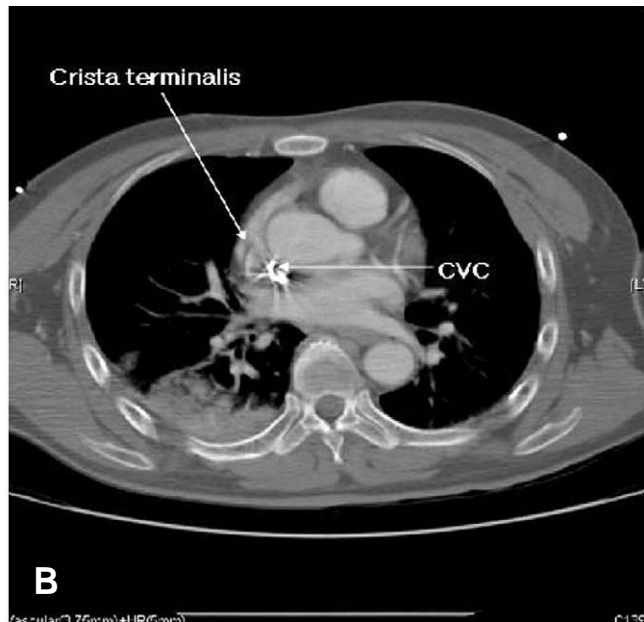
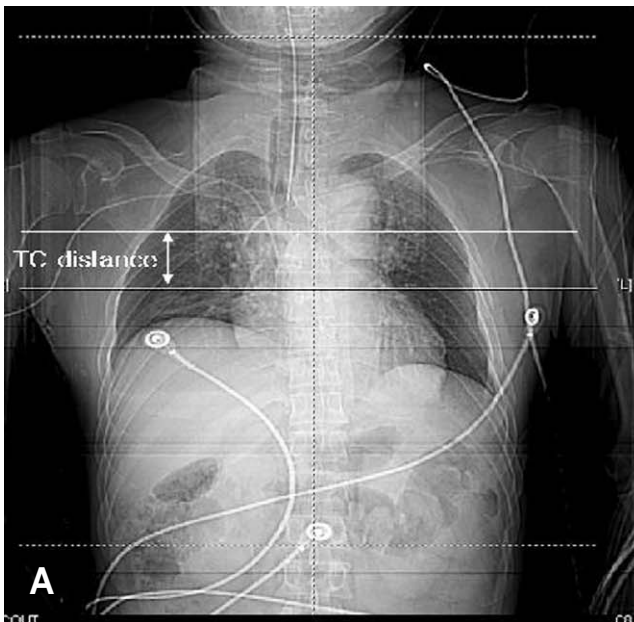


Fig. 2. Determination of TC distance on scout image of chest computed tomography (A) and axial image of chest computed tomography for determining RA position of CVC tip (B).
TC: tip to carina, CVC: central venous catheter, RA: right atrium

심정맥도관 끝의 위치 분석이 불가능한 경우는 연구에서 제외되었다. 기존 연구에서 팔의 움직임에 따라 중심정맥도관 끝이 이동하는 것으로 확인되어, 양팔을 올리고 흉부 전산단층촬영을 진행한 환자도 연구에서 제외하였다^{14,15}.

의료영상저장전송시스템(picture archiving and communication system, PACS)의 거리 측정 기능을 이용하여 단순흉부촬영 영상에서 기관용골 수준과 중심정맥도관 끝 수준 간의 수직 거리를 측정하였고 이를 기관용골-중심정맥도관 끝 거리로 정의하였으며, 기관용골 기준으로 중심정맥도관 끝이 아래 쪽에 위치할 경우 양(+)의 값으로 표시했다(Fig. 1). 흉곽 폭을 구하기 위해서는 오른쪽 횡경막 천장부(dome)를 기준으로 수평선을 그린 뒤 양쪽 늑골의 내측까지의 거리를 측정하였다(Fig. 1). 중심정맥도관의 우심방 내 위치 여부는 흉부전산단층촬영의 축영상(axial view)에서 분개 능선(crista terminalis) 보다 아래에 도관 끝이 위치하는 경우로 정의하였으며, 단순흉부촬영 시점과 흉부전산단층촬영 시점 사이에 도관 이동 가능성에 대해 분석하기 위해 흉부전산단층촬영의 정찰(scout) 영상에서도 기관용골-중심정맥도관 끝 거리를 구하였다(Fig. 2).

통계 분석은 통계패키지 소프트웨어인 SPSS 15.0과 Med Calc 10.4.5를 이용하였다. 기관용골-중심정맥도관 끝 거리 지표에 대한 키와 흉곽 폭의 영향을 알아보기 위해 기관용골-중심정맥도관 끝 거리, 기관용골-중심정맥도관 끝 거리와 키의 비율, 기관용골-중심정맥도관 끝 거리와 흉곽 폭의 비율을 지표로 중심정맥도관이 우심방 내에 위치하는 경우에 대해 각각 수신자 조작 특성 곡선(receiver operating characteristic curve, ROC curve)을 구해 곡선아래면적(area under curve, AUC)을 비교하였다. 곡선아래면적의 차이는 표준오차(standard error) 비교 방법을 이용해 검정하였다¹⁶. 비교를 통해 가장 이상적으로 판단된 지표의 수신자 조작 특성 곡선을 이용해 최대의 민감도를 유지하면서 특이도를 극대화할 수 있는 지점을 기관용골-중심정맥도관 끝 거리의 절사값으로 지정하였다.

결 과

연구기간 내에 중심정맥도관 삽입 시술 후 12시간 이내에 흉부전산단층촬영을 시행 받은 환자는 총 285명이었다. 이 중 4명은 18세 미만으로 연구에서 제외되었고, 2명은 기관 편위가 심하여, 1명은 영상이 불량하여 분석에서 제외되었다. 남은 대상자 중 양팔을 내린 채 흉부전산단층촬영을 시행 받은 경우는 88명 이었고, 의무기록을 통해 키를 확인할 수 있었던 경우는 64명이었다(Fig. 3).

키를 확인할 수 있었던 64명 중 남자는 35명(54.7%)이었고 평균 나이는 57.3 ± 4.3 세, 평균 키는 163.0 ± 1.9

cm, 평균 흉곽 폭은 251.8 ± 5.6 mm, 평균 기관용골-중심정맥도관 끝 거리는 11.0 ± 6.5 mm였다. 이들 중 우심방 내에 중심정맥도관 끝이 위치한 경우는 9명(14.1%)이었다(Table 1). 우심방 내에 중심정맥도관 끝이 위치하는 경우에 대한 수신자 조작 특성 곡선의 곡선 아래 면적은 기관용골-중심정맥도관 끝 거리, 기관용골-중심정맥도관 끝 거리와 키의 비율, 기관용골-중심정맥도관 끝 거리와 흉곽 폭의 비율 지표가 각각 0.966, 0.970, 0.962로 모두 중심정맥도관의 우심방 내 위치 여부에 대해 매우 강한 진단능력을 보였으며 서로간에 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다(Fig. 4, Table 2, Table 3).

중심정맥도관의 끝이 우심방 내에 위치하게 되는 기관용골-중심정맥도관 끝 거리의 절사값을 구하기 위해 키가 확인되지 않았던 24명을 모두 포함하여 총 88명을 분석했으며, 이 중 남자는 53명(60.2%)이었고 평균 나이는 55.5 ± 3.8 세, 평균 기관용골-중심정맥도관 끝 거리는 12.6 ± 5.1 mm였다. 이들 중 우심방 내에 중심정맥도관 끝이 위치하는 경우는 12명(13.6%)였다(Table 1). 우심방 내에 중심정맥도관 끝이 위치하는 경우에 대한 기관용골-중심정맥도관 끝 거리 지표의 수신자 조작 특성 곡선의 곡선아래면적은 0.968이었고, 이를 통해 구한 기관용골-중심정맥도관 끝 거리 지표의 절사값은 30 mm(민감도 100%, 특이도 85.1%)였다(Fig. 5).

단순흉부촬영 및 흉부전산단층촬영 시점 사이에 중심정맥도관의 이동 가능성에 대해 단순흉부촬영과 흉부전산단층촬영의 정찰 영상에서의 기관용골-중심정맥도관 끝 거리를 대응 *t* 검정(paired *t* test)을 통해 비교하였으며, 키를 확인할 수 있었던 64명의 환자 군과 키가 확인되지 않았던 24명을 포함한 88명의 환자군 각각 모두 통계적으로 유의한 거리의 차이를 보이지 않았다.

고 찰

중심정맥도관 삽입 후 심장 전부하를 예측하기 위한 지표로 측정하는 중심정맥압은 중심정맥도관 끝의 상대정맥내 혹은 우심방 내에 위치와 관계 없이 일정하게 측정된다¹⁷. 하지만 중심정맥도관 삽입 시 우심방 내에 중심정맥도관의 끝이 위치할 경우 우심방 천공으로 인한 심장눌림증, 혈흉 등의 치명적인 합병증이 발생할 수 있다. 이에 따라 미국식품의약국(Food and Drug Administration, FDA)에서는 중심정맥도관 끝이 반드시 심장 밖에 위치되어야 하고, 중심정맥도관 삽입 후 단순흉부촬영을 통해 도관의 위치를 연속적으로 확인할 것을 권고하고 있다¹⁸. 그리고 최근 연구에서는 이와 같은 합병증과 관련하여 바람직한 중심정맥도관 끝의 위치를 단순히 상대정맥-우심방 접합부 상부가 아닌 심장막 반사(pericardial reflection)의 머

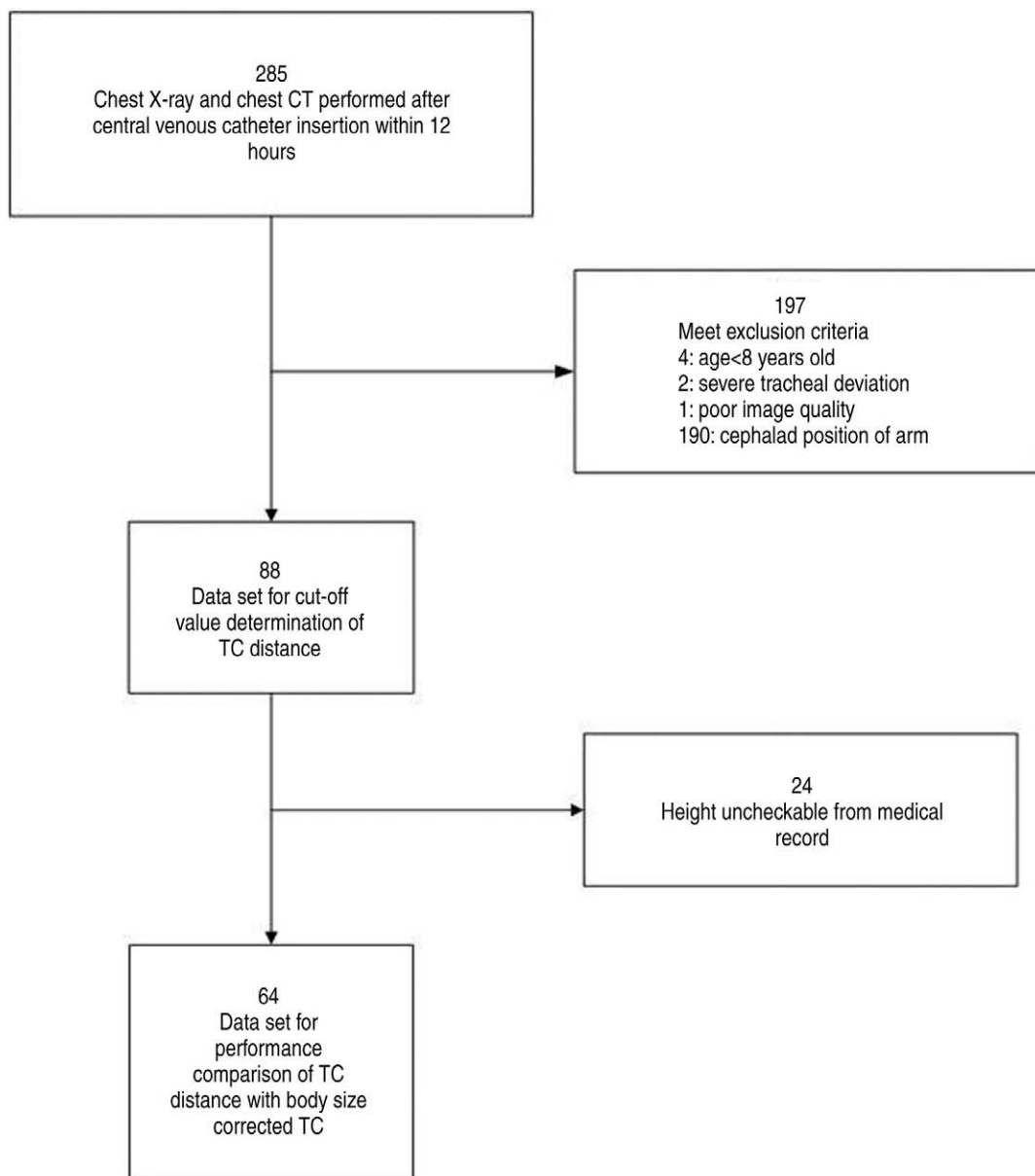


Fig. 3. Distribution of Patient Population.

* TC: tip to carina, † CT: computed tomography

Table 1. Patients' characteristics

	Data set for performance comparison of TC distance with body size corrected TC distance (n=64)	Data set for cut-off value determination of TC distance (n=88)
Male, n (%)	35 (54.7)	53 (60.2)
Age, mean ± SD, year (IQR)	57.3 ± 4.3 (44~74)	55.5 ± 3.8 (44.0~72.3)
TC distance, mean ± SD, mm (IQR)	11.0 ± 6.5 (-6.3~+25.8)	12.6 ± 5.1 (-4.3~+25.8)
Case of CVC tip in RA, n (%)	9 (14.1)	12 (13.6)
Height, mean ± SD, cm (IQR)	163.0 ± 1.9 (158.0~170.0)	-
Thoracic width, mean ± SD, mm (IQR)	251.8 ± 5.6 (235.7~270.7)	-

* TC: tip to carina, † SD: standard deviation, ‡ IQR: interquartile range

§ CVC: central venous catheter, || RA: right atrium

리쪽 경계 상부로 제시하고 있다^{11,12)}.

현재까지 중심정맥도관 끝의 거리를 확인하는 절대표준 (gold standard) 방법은 경식도 심장초음파를 통해 직접 우심방 내에 위치한 도관의 끝을 확인하는 것이다^{7,19,20)}. 이 밖에도 심방 내 심전도법 (intraatrial electrocardiography)를 이용할 수 있는데, 도관이 상대정맥과 우심방 내로 진입함에 따라 발생하는 심전도상 P 파의 모양으로 위치를 예측하는 방법으로 중심정맥도관 삽입 시술과 동시에 확인이 가능한 장점이 있으며, 역시 높은 정확도를 보여준다^{6,22)}. 하지만 이와 같은 방법은 침습적인 검사이며, 중심정맥도관의 위치 확인을 위한 통상적인 검사로 사용하기엔

무리가 따른다⁹⁾. 실제 임상에서는 간단한 검사인 단순흉부촬영만으로 중심정맥도관 위치를 확인하는 경우가 많다⁹⁾.

단순흉부촬영에서 중심정맥도관의 위치를 확인하는 지표로 기관용골을 사용할 경우 객관적인 해석이 가능하다. 통상적으로 중심정맥도관 삽입 후 확인을 위한 단순흉부촬영은 이동식 기계를 통해 이루어 지는데, 이 경우 시차효과 (parallax effect)에 의해 전방이나 말초에 위치하는 조직의 경우 최대 20%까지 확장되어 나타날 수 있지만, 기관용골은 시상면 중앙에 위치하고 상대정맥과의 시상면상 거리도 1.5~4.1 cm 정도로 오차가 비교적 적게 나타난다²³⁾. 또한 기관용골은 주위 조직들과 고정되어 있어 폐병변이 있

Table 2. Area under curve of TC distance, TC distance/height, TC distance/thoracic width

	Area under curve	95% CI
TC distance	0.966	0.887 to 0.995
TC distance /thoracic width	0.970	0.893 to 0.996
TC distance/height	0.962	0.881 to 0.994

* TC: tip to carina, † CI: confidence interval

Table 3. Pairwise comparison of area under curve of TC distance, TC distance/height, TC distance/thoracic width

	TC distance with TC distance/height ratio	TC distance with TC distance/thoracic width ratio	TC distance/Height with TC distance/thoracic width ratio
Difference between areas	0.00404	0.00404	0.00808
Standard error	0.0135	0.0181	0.0226
95% CI	-0.0223 to 0.0304	-0.0314 to 0.0395	-0.0363 to 0.0524

* TC: tip to carina, † CI: confidence interval

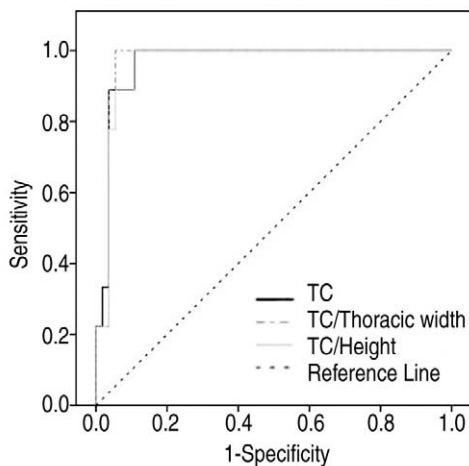


Fig. 4. ROC curve of TC, TC/width, TC/height for detecting right atrial position of catheter tip.
* ROC: receiver operating characteristic, TC: tip to carina

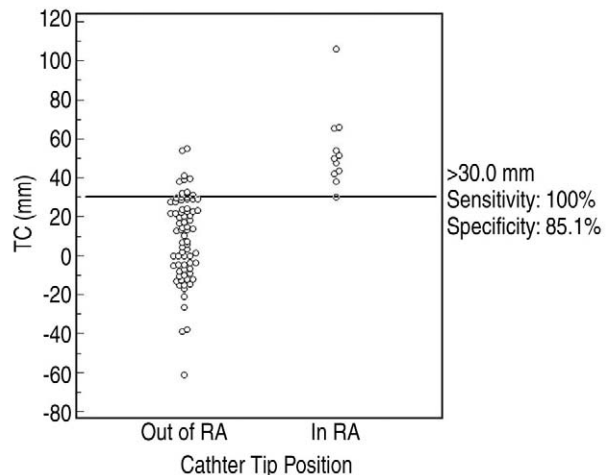


Fig. 5. Interactive dot diagram of TC, catheter tip Position
* TC: tip to carina, † RA: right atrium

는 대부분의 경우도 위치가 잘 보전되며 사진의 해상도가 떨어지는 경우에도 다른 구조에 비해 확인이 쉬워 객관적인 지표로 사용될 수 있다.²⁴⁾

이번 연구에서는 기관용골-중심정맥도관 끝 거리와 이를 키, 흉곽 폭으로 나눠 보정한 지표 모두 매우 강한 진단 능력을 보여주었으며 서로 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않아, 키와 흉곽 폭에 대한 고려 없이 기관용골-중심정맥도관 끝 거리 만으로도 유용하게 중심정맥도관의 우심방 내 위치 여부를 판단 가능함을 알 수 있다.

기존의 기관용골-중심정맥도관 끝 거리를 지표로 한 연구에서는 우심방 내에 중심정맥도관 끝이 위치하는지에 대한 절사값으로 각각 29 mm, 50 mm, 55 mm가 제시되었다.^{9,12,13)} 이 중 절사값으로 29 mm를 제시한 연구의 경우 흉부자기공명영상을 시행한 환자들을 대상으로 해부학적인 분석을 통한 이론적인 절사값이었고, 50 mm를 제시한 연구는 임의로 설정된 절사값이었다.^{12,13)} 55 mm를 제시한 Wirsing 등⁹⁾의 연구의 경우 경식도 심장초음파를 통한 확인과 기관용골-중심정맥도관 끝 거리를 통한 확인을 비교하여 구한 절사값이었지만 실제 우심방 내에 중심정맥도관의 끝이 위치했던 경우가 5건(2.4%)뿐으로 제시된 절사값의 민감도가 80%에 불과했다. 본 연구에서 제시하는 절사값은 30 mm로 Wirsing 등⁹⁾의 연구와 차이를 보이지만, 실제 우심방 내에 중심정맥도관의 끝이 위치했던 경우가 12건(13.6%)으로 더 많은 비중을 차지했으며 더 높은 민감도(100%)를 보였다.

통상적으로 흉부전산단층촬영은 양팔을 내리고 촬영을 하는 경우 팔에 의한 허상(artifact) 발생 가능성이 있어 양팔을 올리고 시행한다²⁵⁾. 기존의 연구에서 팔의 움직임에 의해 중심정맥도관의 위치가 변할 수 있음이 보고되었다.^{14,15)} 본 연구에서도 양팔을 올리고 흉부전산단층촬영을 진행한 190명의 흉부전산단층촬영 정찰 영상과 단순흉부촬영의 기관용골-중심정맥도관 끝 거리를 대응 *t* 검정으로 비교하였고, 통계적으로 유의한 차이 (mean of paired difference=10.44±16.86, *t*=8.55, *p*<0.001)를 보여 양팔을 올리고 흉부전산단층촬영을 진행한 환자는 연구 대상에서 제외하였다.

본 연구에는 몇 가지 제한점이 있다. 첫째, 임의로 체격의 지표를 키, 흉곽 폭으로 설정한 점이다. 이 두 지표만으로 보정된 값을 비교한 결과를 통해 기관용골-중심정맥도관 끝 거리 지표가 대상자의 체격과 무관하게 적용 가능하다고 일반화하는데 무리가 따를 수 있다. 둘째, 후향적 조사를 통한 자료 수집 시 임의로 12시간 내 중심정맥도관의 삽입 및 단순흉부촬영, 흉부전산단층촬영을 시행한 경우를 선별했으며 그 결과, 실시간으로 중심정맥도관의 우심방 내 위치 여부를 확인하지 못한 점이다. 하지만 대상환자의 대부분은 2시간 이내에 흉부전산단층촬영이 시행되었고 5명의 환자(5.7%)에서만 흉부전산단층촬영 시행까지 최대

12시간의 시간 차가 있었다. 본 연구 표본에서의 도관 이동 여부를 판단하기 위해 흉부전산단층촬영의 정찰 영상과 단순흉부촬영 영상의 도관 위치에 대해 반복측정 비교검정을 시행하였으나 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다. 셋째, 본 연구의 표본이 일개병원의 자료에 국한되어 있어 결과를 일반화함에 문제가 있을 수 있으며, 검정에 필요한 표본수 산정이 이뤄지지 않아 검정력의 확보 여부를 알 수 없었다. 넷째, 흉부전산단층촬영 시 환자는 바로 누운 자세로 촬영하게 되지만, 단순흉부촬영의 경우 전후 영상일지라도 환자 상태에 따라 앉은 자세 혹은 트렌델렌버그자세(Trendelenburg position)를 취하게 될 수 있으며, 흉부전산단층촬영 시와 단순흉부촬영 시 환자의 호흡기 여부가 일치하지 않을 가능성이 있어 이로 인한 도관의 이동 가능성이 있다. 다섯째, 본 연구는 후향적으로 조사되어 환자 체격의 지표로 설정한 키의 경우 환자나 보호자의 진술에 의한 값일 수 있어 실제 값과 차이가 있을 수 있다.

결론

18세 이상의 성인 환자에서 단순흉부촬영 영상의 기관용골-중심정맥도관 끝 거리는 키나 흉곽 폭의 보정 없이도 중심정맥도관의 우심방 내 위치 여부를 정확하게 판단할 수 있는 지표이다. 이를 통해 중심정맥도관 끝의 우심방 내 위치 여부를 조기에 확인하여 우심방 천공, 심장눌림증, 혈흉과 같은 치명적인 합병증을 예방할 수 있다. 본 연구에서 제시하는 기관용골-중심정맥도관 끝 거리의 절사값은 30 mm이다.

참고문헌

1. Booth SA, Norton B, Mulvey DA. Central venous catheterization and fatal cardiac tamponade. *Br J Anaesth* 2001;87:298-302.
2. Chabanier A, Dany F, Brutus P, Vergnoux H. Iatrogenic cardiac tamponade after central venous catheter. *Clin Cardiol* 1988;11:91-9.
3. Collier PE, Ryan JJ, Diamond DL. Cardiac tamponade from central venous catheters. Report of a case and review of the english literature. *Angiology* 1984;35:595-600.
4. Defalgue RJ, Campbell C. Cardiac tamponade from central venous catheters. *Anesthesiology* 1979;50:249-52.
5. Greenall MJ, Blewitt RW, McMahon MJ. Cardiac tamponade and central venous catheters. *Br Med J* 1975;2: 595-7.
6. Jeon Y, Ryu HG, Yoon SZ, Kim JH, Bahk JH. Transesophageal echocardiographic evaluation of ECG-

- guided central venous catheter placement. *Can J Anaesth* 2006;53:978-83.
7. Andropoulos DB, Stayer SA, Bent ST, Campos CJ, Bezold LI, Alvarez M, et al. A controlled study of transesophageal echocardiography to guide central venous catheter placement in congenital heart surgery patients. *Anesth Analg* 1999;89:65-70.
 8. Reynolds N, McCulloch AS, Pennington CR, MacFadyen RJ. Assessment of distal tip position of long-term central venous feeding catheters using transesophageal echocardiology. *JPEN J Parenter Enteral Nutr* 2001;25:39-41.
 9. Wirsing M, Schummer C, Neumann R, Steenbeck J, Schmidt P, Schummer W. Is traditional reading of the bedside chest radiograph appropriate to detect intraatrial central venous catheter position? *Chest* 2008;134:527-33.
 10. Kim KO, Jo JO, Kim HS, Kim CS. Positioning internal jugular venous catheters using the right third intercostal space in children. *Acta Anaesthesiol Scand* 2003;47:1284-6.
 11. Collier PE, Blocker SH, Graff DM, Doyle P. Cardiac tamponade from central venous catheters. *Am J Surg* 1998;176:212-4.
 12. Stonelake PA, Bodenham AR. The carina as a radiological landmark for central venous catheter tip position. *Br J Anaesth* 2006;96:335-40.
 13. Aslamy Z, Dewald CL, Heffner JE. MRI of central venous anatomy: implications for central venous catheter insertion. *Chest* 1998;114:820-6.
 14. Ouriel K, Brennan JK, Desch C, Lyons JM, Schloerb PR. Migration of a permanent central venous catheter. *JPEN J Parenter Enteral Nutr* 1983;7:410-1.
 15. Lim SP. Recurrent secondary displacement of long-term indwelling silastic atrial catheters. *South Med J* 1987;80:1420-4.
 16. Hanley JA, McNeil BJ. A method of comparing the areas under receiver operating characteristics curves derived from the same cases. *Radiology* 1983;148:839-43.
 17. Guyton AC, Jones CE. Central venous pressure: physiological significance and clinical implications. *Am Heart J* 1973;86:431-7.
 18. FDA Task Force. Precautions necessary with central venous catheters: FDA Task Force. *FDA Drug Bull* 1989;15-6.
 19. Hsu JH, Wang CK, Hung CW, Wang SS, Cheng KI, Wu JR. Transesophageal echocardiography and laryngeal mask airway for placement of permanent central venous catheter in cancer patients with radiographically unidentifiable SVC-RA junction: effectiveness and safety. *Kaohsiung J Med Sci* 2007;23:435-41.
 20. Reeves ST, Bevis LA, Bailey BN. Positioning a right atrial air aspiration catheter using transesophageal echocardiography. *J Neurosurg Anesthesiol* 1996;8:123-5.
 21. Wilson RG, Gaer JA. Right atrial electrocardiography in placement of central venous catheters. *Lancet* 1988;1:462-3.
 22. Schuster M, Nave H, Piepenbrock S, Pabst R, Panning B. The carina as a landmark in central venous catheter placement. *Br J Anaesth* 2000;85:192-4.
 23. Huh J, Yoo SY, Ro YJ, Min SW, Bahk JH, Kim JS. Survey of central venous catheter depth using the carina as a radiologic landmark in ICU patients. *Korean J Anesthesiol* 2005;49:376-80.
 24. Leidner B, Adiels M, Aspelin P, Gullstrand P, Wallen S. Standardized CT examination of the multitraumatized patient. *Eur Radiol* 1998;8:1630-8.