

적외선 기반의 혈관외유출 검출시스템을 이용한 조영제의 혈관외유출 검출

권대철¹, 장근조²

¹신흥대학 방사선과, ²예수병원 영상의학과

Detection of Extravasated Contrast Media Using an Infrared Ray Based Extravasation Detection Accessory System

Dae Cheol Kweon¹, Keun Jo Jang²

¹Department of Radiologic Science, Shin Heung College University

²Department of Radiology, Presbyterian Hospital

(Received July 6, 2009. Accepted October 14, 2009)

Abstract

The purpose of this study was to assess the ability of this device during clinically important episodes of extravasation. The extravasation detection accessory (EDA) system was based of infrared ray with detection sensor, an amplifier, alarm device, receiver, cable and a computer based system. This study was a prospective, observational study in which the EDA system was used to monitor the automated mechanical injection of contrast media. Three hundred patients referred for contrast media enhanced body computed tomography studied in a prospective, observation study in which the EDA system was used to identify and interrupt any injection associated with clinically important extravasation. There were 8 true-positive cases, 276 true-negative cases, 15 false-positive cases and 1 false-negative cases. The EDA system had a sensitivity of 88.8% and a specificity of 94.8% for the detection of clinically important extravasation. The EDA system had good sensitivity for the detection of clinically important extravasation and the EDA system has the clinical potential for the early detection of extravasation of the contrast medium that is administered with power injectors.

Key words : Infrared Ray, Contrast Media, Extravasation, EDA System, Computed Tomography

I. 서론

CT 영상의 조영 증강을 위해 조영제 주입기를 이용하여 조영제를 주입하는 검사가 증가하고 있으며, 이러한 조영제 사용으로 인한 부작용이 발생한다. 조영제 부작용은 가벼운 구토, 두드러기 및 중증인 호흡 곤란과 드물게 과민성 반응이 나타나 적절한 치료를 해야 하는 경우가 있다. 또한, CT 검사에서 조영제를 자동주입기로 주입하는 과정에서 조영제가 혈관 밖으로 유출하는 혈관외유출(extravasation)이 발생하고, 악화되어 구획증후군(compartment syndrome) 및 괴사에 의한 합병증이 발생하여 근막절개술(fasciotomy)을 시술한 보고가 있다[1].

최근의 CT검사에서 조영제의 자동주입기 사용은 동맥기 및 문맥기 등으로 조영제 자동 주입의 시간에 따른 조영 증강을 위해 다양하게 이루어지고 있다[2].

환자의 진단을 위해 사용하는 조영제의 혈관외유출로 인한 의료의 질 저하와 환자의 신체 조직의 괴사 및 손상을 방지하고, 환자의 불만, 두려움을 감소하고, 혈관외유출에 의한 구획증후군 예방을 위해 적외선 기반으로 설계된 혈관외유출 검출 시스템(extravasation detection accessory; EDA)을 이용하였다. 적외선 기반의 EDA시스템은 CT검사에서 환자의 IV(intravenous) 카테터 부위에 적외선 기반의 센서를 부착하여 조영제를 소량에서 검출하여 혈관외유출을 사전에 예방하는 데 목적이 있다. 이러한 EDA 시스템을 사용하여 조영제의 혈관외유출의 검출에 대한 유용성을 평가하였다.

II. 연구방법

A. 연구 대상

대상은 2008년 11월부터 2009년 2월까지 병원을 내원하여 CT 검사를 시행한 300명의 성인 환자(연령범위: 20~88세, 평균연령

Corresponding Author : 권대철
(480-701) 경기도 의정부시 호원동 117, 신흥대학 방사선과
Tel : +82-31-870-3427 / Fax : +82-31-870-3429
E-mail : dckweon@shc.ac.kr

표 1. 연구 대상자의 일반적 특성
Table 1. General characteristics

Age	Sex		Total
	Male	Female	
20-30	9	7	16
31-40	25	21	46
41-50	63	59	122
51-60	44	35	79
61-70	12	16	28
70-80	3	6	9
Total	156	144	300

57.4세)로 하였다(Table 1).

B. CT 검사

Brilliance 64 MDCT scanner(Philips Medical Systems, Cleveland, USA)를 이용하여 스캔 하였고, 조영제(Ultravist 370, Bayer, Germany)을 주입하기 위해 IV catheter(Jelco; Medex, Great Britain) 18개이지를 전주와(antecubital fossa)정맥에 주입하여 자동주입기(Dual Shot, Nemoto Kyorindo, Japan)를 이용하여 조영제를 평균 2.7 mL/sec(range, 2.0~3.5 mL/sec) 속도로 주입하였다.

C. EDA system과 그래프 유형

EDA 시스템의 구성은 그림 1에서 모니터(a), 적외선 기반의 검



그림 1. EDA 시스템의 구성은 모니터(a), 적외선 기반의 검출센서(b), 알람 디바이스(c), 수신기(d), 케이블(e)

Fig. 1. Photographs shows of component of EDA system, monitor(a), infrared ray based detection sensor(b), alarm device(c), receiver(d) and cable(e)

출센서(b), 알람 디바이스(c), 수신기(d), 케이블(e)로 이루어져 있고, 조영제 자동주입기와 연결되어 있다. 검출 센서에서 800~1,000 nm 적외선을 조사 하여 피부에 흡수 후 반사, 산란된 값을 측정하여 모니터 표시하도록 설계되었다(Fig. 2). EDA 시스템에서 혈관외유출을 검출하기 위해 제조사에서 추천한 참고 기준의 문턱 값을 2.30 V 설정하였다. 신호가 문턱 값을 넘었을 때 즉시 경고음이 울리도록 하여 모니터의 그래프 모양으로 혈관외유출에 대한 평가를 하도록 하였다(Fig. 3). 정맥주사위치 0.5 cm 위에 EDA 시스템의 검출기 센서를 부착하여 시스템을 작동하여 조영제를 주입하였다(Fig. 4). 혈관외유출을 검출하기 위해 조영제 주입과정에서 모니터에 나타나는 그래프를 유형에 따라 분류하였다.

D. 혈관외유출 정의

EDA 시스템의 혈관외유출 검출 능력을 진양성(true-positive)은 임상적으로 중요한 혈관외유출을 EDA 시스템이 검출하여 조영제 주입을 중지하는 것으로, 진음성(true-negative)은 혈관외유출이 10 mL 이하이고 혈관외유출이 아니어서 조영제 주입이 중지 없이 진행되는 것이다[3]. 위양성(false-positive)은 실제로는 양성인 혈관외유출이 아닌데 결과적으로 양성인 혈관외유출로 나온다는 뜻이고, 위음성(false-negative)은 실제로 그 정보가 양성인 혈관외유출로 검사 결과에서는 음성으로 나오면 위음성(false-negative)으로 정의하였다.

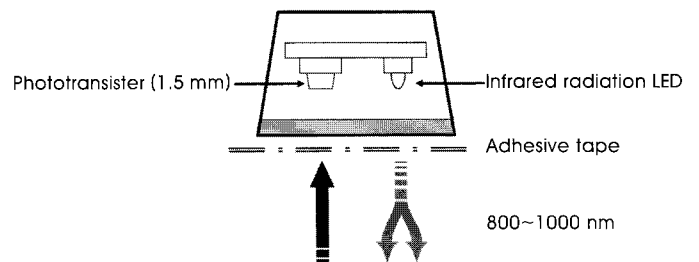


그림 2. 적외선 기반의 센서 구조
Fig. 2. Detection sensor based of infrared ray

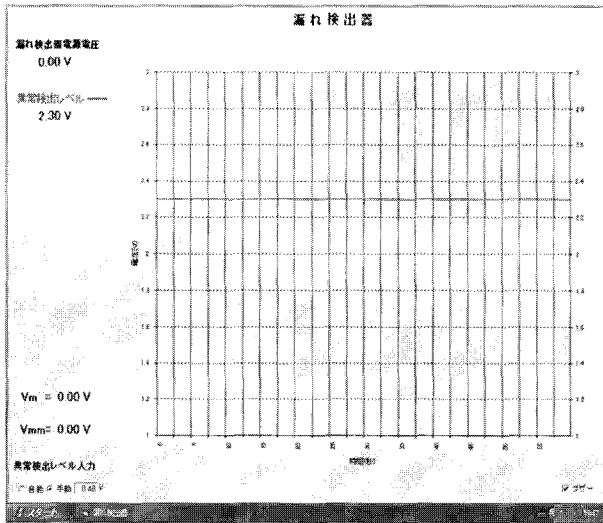


그림 3. 조영제의 주입에 따른 혈관외유출 threshold를 설정한 모니터 화면
 Fig. 3. Monitor graphs of the extravasation threshold level of contrast media injection time



그림 4. 조영제 주입 위치에 EDA 시스템의 검출 센서 부착
 Fig. 4. Detection sensor of EDA system embedded in an intravenous needle site

혈관외유출에 대한 정확도를 측정방법이 성취하는 정도를 평가하기 위해 실질적인 양성을 양성으로 판정하는 민감도(sensitivity)와 실제 음성을 음성으로 판정하는 특이도(specificity)를 산출하였다.

$$\text{민감도} = \frac{\text{진양성}}{(\text{진양성} + \text{위음성})} \times 100$$

$$\text{특이도} = \frac{\text{진음성}}{(\text{진음성} + \text{위양성})} \times 100$$

III. 결과

적외선 기반의 EDA 시스템을 가동하여 조영제를 정맥에 주입한 300명의 환자에서 신호 변화에 따라 그래프 유형을 구분하여 그림 5에서 같이, 완만한 하강(11.6%), 완만한 상승(13%), 급하

강(4.3%), 급상승(2.6%), 오류(5%)로 구분하였다(Table 2).

결과적으로 모니터의 그래프 변화가 없는 평형상태의 경우가 60.3%로 가장 많았다(Fig. 6a). 9건의 혈관외유출이 발생하였고, 모두에서 참고 기준으로 설정한 문턱 값 2.3V를 초과하여 발생하였다(Fig. 6b). 이 중에서 8명의 환자를 EDA 시스템이 검출하였다. 그러나 테이블 이동에 따른 검출센서의 움직임으로 인하여 알람이 울리는 경우도 15건이 발생하였다. EDA 시스템을 작동한 결과, 진양성 8건, 진음성 276건, 위양성 15건, 위음성 1건으로, 민감도 88.8%, 특이도 94.8%로 나타났다(Table 3).

혈관외유출(33 mL)된 영상으로 CT 스캔(Fig. 7a)과 MPR(Fig. 7b) 영상으로 조영제의 혈관외유출 범위를 확인할 수 있어 진양성으로 정의되었다. 이러한 CT 영상은 조영제의 혈관외유출 범위와 크기를 확인할 수 있고, 조영제가 근육부위의 침범 정도를 육안으로 정확하게 확인하였다.

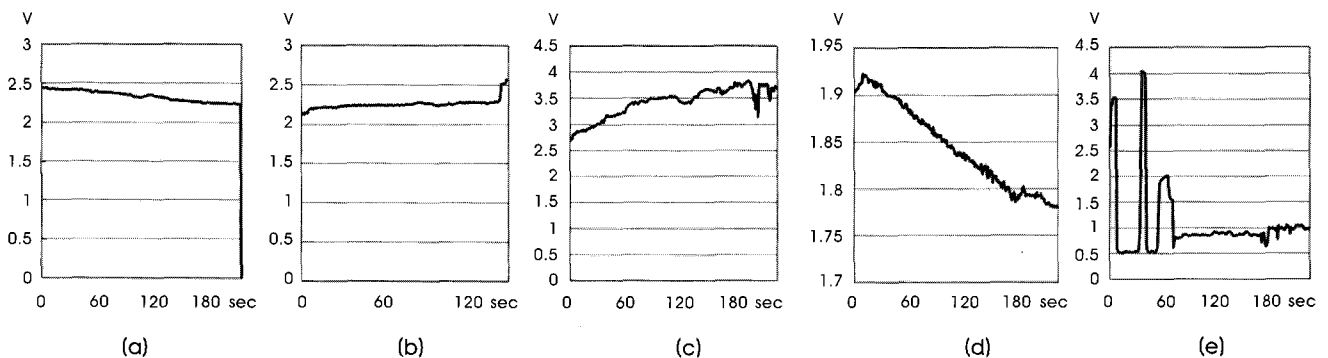


그림 5. 모니터의 다양한 그래프로 완만한 하강(a), 완만한 상승(b), 급상승(c), 급하강(d), 오류(e)
 Fig. 5. Types of graphs in the monitor of steady decreased(a), steady increased(b), rapid increased(c), rapid decreased(d) and error(e)

표 2. EDA 시스템의 그래프 유형 결과

Table 2. Types of graphs according to the EDA system

Signal siff	Sex		Total
	Male	Female	
No change	86	95	181(60.3%)
Steady decrease	17	18	35(11.6%)
Steady increase	19	20	39(13%)
Rapid decrease	6	7	13(4.3%)
Rapid increase	3	5	8(2.6%)
Extravasation detection	5	4	9(3%)
Error	8	7	15(5%)
Total	145	155	300

표 3. EDA 시스템의 결과

Table 3. Extravasation alarm algorithm results

Algorithm	True Positive	True Negative	False Positive	False Negative
Case	8	276	15	1

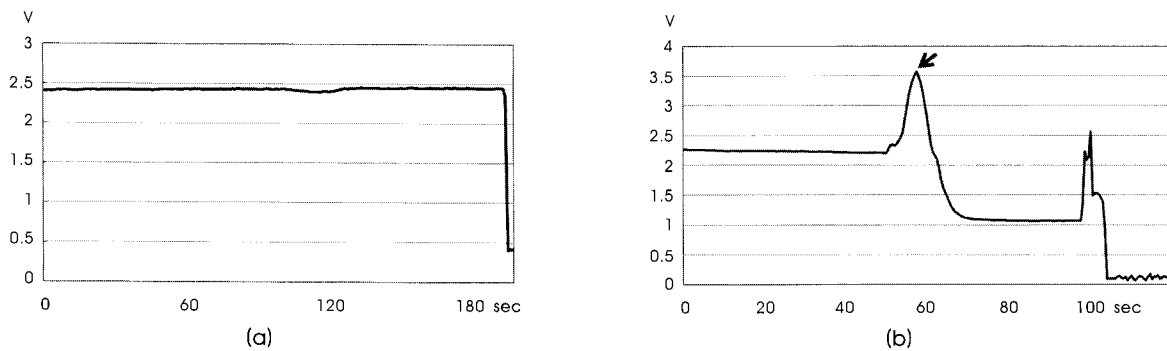


그림 6. 평형상태(a)와 혈관외유출 검출(b) 모니터의 그래프 유형
 Fig. 6. Types of graph in the steady state(a) and extravasation detection(b)

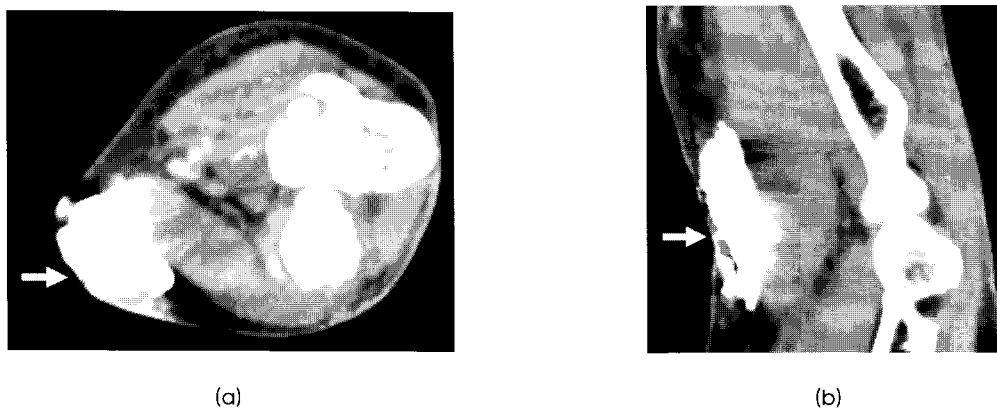


그림 7. 진양성의 혈관외유출(33 mL)된 CT 스캔(a)과 MPR(b) 영상

Fig. 7. True positive case of extravasation in antecubital vein. CT axial image shows extravasated contrast media, which was estimated to have a volume of 33 mL. CT axial scans obtained at the extravasation region(a). MPR image extravasated contrast media adjacent to the muscle(b).

IV. 고찰 및 결론

조영제 주입에 의한 혈관외유출된 부위는 부종이 형성되고 손상 받은 주위의 조직은 경계가 뚜렷해져 피부의 색깔 변화를 초래한다. 이러한 혈관외유출이 생기는 경우 피하조직 내의 정맥혈류를 부분적으로 방해하여 결국에 동맥의 폐쇄로 인해 피부의 괴사를 초래한다. Siström 등 은 혈관외유출에 대한 28건의 사례를 보고하여 혈관외유출을 사전에 예방하도록 하였다[4].

혈관외유출 발생에 대한 기존의 보고에서 Cochran 은 비이온성 조영제를 사용하였을 때 0.3~0.4%가 발생하고[1], Miles 는 검사환자의 1% 이내[5], Nelson은 약 10 mL의 혈관외유출로 검사환자의 궤양 및 조직의 괴사를 초래한다고 보고 하였다[6]. Wang 등은 69,657명을 조영제 주입하는 과정에서 혈관외유출이 475명으로 0.7% 발생을 보고하였다[7]. 이러한 혈관외유출을 예방하기 위해서 조영제 주입하는 카테터 부위에 EDA 시스템을 이용한 검출기를 부착하여 혈관외유출을 예방할 수 있다.

국내에서 권 등은 CT검사서 자동주입기에 의한 조영제의 혈관외유출(140 mL)이 우측 손등의 IV 카테터 부위에서 발생하여 부종 및 괴사를 동반하였고, 구획증후군으로 발전하였다. 또한, 혈관외유출 부위를 MDCT로 스캔하여, 3D 재구성 영상으로 조영제의 혈관외유출 부위를 침범 정도를 정확하게 확인하여 보고하여 예방을 위해 EDA시스템의 적용 필요성을 주장하였다[8,9].

조영제 주입과정에서 발생하는 혈관외유출을 예방하기 위해 기존의 EDA 시스템에 대한 연구는 microwave radiometry[10], electrode patch의 저항 변화[3], 스트레인 게이지에 의한 변형 [11] 등의 보고가 있으나, 이러한 시스템은 소모적인 일회용이거나 경제적 문제점이 있으나, 이 연구는 적외선을 기반으로 하여 영구적인 방법이다. Bimbaum 등은 500명 환자를 대상으로 조영제에 의한 혈관외유출 연구에서 임상적으로 혈관외유출의 용량이 10 mL 이상에서 중요하게 고려되어야 한다고 주장하였고, EDA 시스템은 484명에서 진양성 이었고, 혈관외유출 용량이 13-18 mL 이었다. 12명은 위양성, 그리고 위음성은 없다고 보고하여 EDA 시스템의 유용성을 보고하였다[3]. 본 연구에서는 진양성이 6건으로 별 차이가 없었으나, 위음성이 3건으로 전자의 연구에 비해서 높았다. 이는 움직임에 대한 오류로 인하여 생긴 결과로 오류를 방지하기 위해서는 검사 전에 환자에게 EDA 시스템에 대한 사전 교육이 필요하다. 권 등은 환자를 대상으로 하여 EDA 시스템의 개발에 대한 예비보고를 하였고[11], 또한, 잠견을 대상으로 스트레인 게이지 기반의 EDA 시스템을 적용하여 조영제의 혈관외유출은 7건으로 민감도(100%), 특이도(90%)를 보고하였다. 이러한 EDA 시스템은 혈관외유출된 소량의 조영제를 검출하여 혈관외유출을 예방하는 효과가 있다. 그러나 스트레인 게이지는 전기적 저항 값의 변화를 읽어 표시하는 기기로 환자의 IV부위에 부착하여 측정하므로 움직임에 세심한 관찰과 지속적인 연구 개발이 필요하다고 보고하였다[12]. 이러한 테이블 및 환자의 움직임에

의한 오류로 인해 본 연구에서 위음성 1건으로 민감도 88.8%로 낮았다. 그러므로 조영제를 주입하기 전에 환자에게 움직임에 대한 사전 교육이 필요하고, 움직임의 오류를 대처하여 위음성을 감소하여야 한다. 이를 위해서는 환자에 대한 교육과 함께 EDA 시스템의 성능을 개선하기 위한 지속적인 연구가 필요하다.

본 연구에서는 조영제 주입속도에 대한 EDA 시스템의 검출 효율 결과를 구분하지 않았다. 이는 기존 연구에서 Federle 등은 후향적 연구에서 조영제를 1.0~5.0 mL/sec로 주입하였을 때 5,106명의 환자에서 48명(0.9%)이 혈관외유출이 발생 하였다. 결과적으로 조영제의 혈관외유출은 조영제 주입속도와는 관련이 없었다 [13]. 이에 본 연구에서는 조영제 주입속도를 구분하지 않았다. 또한, 비슷한 연구 결과는 Jacobs 등이 전향적 연구에서 6,660명의 환자에서 41명(0.6%)이 혈관외유출이 발생하였는데 이때의 조영제는 0.5~4.0 mL/sec로 주입하였으며 발생한 혈관외유출은 조영제 주입속도와는 상관관계가 없다고 보고하였다[14]. 본 연구에서는 조영제를 2.0~3.2 mL/sec 속도로 주입하였으나, 전자의 연구 보고에 의해 조영제 주입 속도에 따른 혈관외유출 검출 관계를 고려하지 않았다.

본 연구에 사용된 EDA 시스템의 신호는 12 bit의 ADC(analog to digital converter)에서 4,096 분해능을 표시하는 단위를 조정하는 시스템이 아니고[11,12], 신호 전압은 0~5 V 범위를 나타내고, 이때의 참고 준위는 2.5 V이다[15]. 본 연구에서는 전압을 조정하는 시스템으로 문턱 값은 2.5 V를 참고하여 모니터 그래프 (Fig. 6b)와 환자에게 발생된 혈관외유출로 확인하였다(Fig. 7).

CT검사서 조영 증강을 위한 IV 카테터의 정맥 삽입은 경험과 숙련된 간호사를 필요로 하고, 혈관외유출 발생이 높은 고위험도 환자들을 분류하여 사전에 혈관외유출을 예방하여야 한다. 그러므로 혈관외유출을 예방하기 위해 EDA 시스템의 기능을 지속적으로 보완하여 EDA 시스템을 발전시켜야 할 것이다. 적외선 기반의 EDA 시스템은 정맥주사 부위에 검출 센서를 부착하여 조영제 주입 중에 적외선 조사 후 측정된 파형에 의하여 혈관외유출을 감별의 유용성이 높아 혈관외유출의 예방에 유용한 보조적 장치로 활용 할 수 있다.

혈관외유출을 검출하는 EDA 시스템에서 적외선 조사 후 측정된 파형에 의하여 혈관외유출을 감별하는 민감도가 88.8%, 특이도가 94.8%로 혈관외유출을 예방하는 유용한 장치 효과가 있다. 환자 및 테이블의 움직임에 의한 오류에 대한 지속적인 연구와 개발이 필요하다.

참고문헌

- [1] S. T. Cochran, Karen Bomyea, and J. W. Sayre, "Trends in adverse events after IV administration of contrast media," *Am. J. Roentgenol.*, vol. 176, pp.1385-1388, 2001.
- [2] T. Shimizu, T. Misaki, K. Yamamoto, K. Sueyoshi, and I. Narabayashi, "Helical CT of the liver with computed-assisted bolus tracking technology: scan delay of arterial phase scanning

- and effect of flow rate," *J. Comput. Assist. Tomogr.*, vol. 24, no. 2, pp.219-223, 2000.
- [3] B. A. Birnbaum, R. C. Nelson, F. A. Anderson, J. L. Chezmar, and S. N. Glick, "Extravasation detection accessory: clinical evaluation in 500 patients," *Radiology*, vol. 212, pp.431-438, 1999.
- [4] S. L. Siström, S. B. Gay, and L. Peffley, "Extravasation of iopamidol and iohexhol during contrast-enhancement CT: report of 28 cases," *Radiology*, vol. 180, pp.707-710, 1991.
- [5] S. G. Miles, J. F. Rasmussen, and T. Litwiller, "Safe use of an intravenous power injector for CT: experience and protocol," *Radiology*, vol. 190, pp.69-70, 1990.
- [6] R. C. Nelson, F. A. Anderson, B. A. Birnbaum, J. L. Chezmar, and S. N. Glick, "Contrast media extravasation during dynamic CT: detection with an extravasation detection accessory," *Radiology*, vol. 209, pp.837-843, 1998.
- [7] C. L. Wang, H. R. H. Cohan, J. H. Ellis, S. Adusumilli, and N. R. Dunnick, "Frequency, management, and outcome of extravasation of nonionic iodinated contrast medium in 69657 intravenous injections," *Radiology*, vol. 243, pp.80-87, 2007.
- [8] D. C. Kweon, T. H. Kim, S. H. Yang, B. G. Yoo, M. G. Kim, and P. Park, "Subcutaneous injection contrast media extravasation: 3D CT appearance," *Korean J. Med. Phys.*, vol. 16, no. 1, pp.47-51, 2005.
- [9] D. C. Kweon, and J. G. Kim, "3D MDCT reformation findings of the radiographic contrast medium extravasation," *J. Contents Assoc.*, vol. 6, no. 5, pp.145-152, 2006.
- [10] J. Shaeffer, S. V. Sigfred, M. A. Sevcik, R. S. Grabowy, L. A. Gemmell, and A. D. Hirschman, "Early detection of extravasation of radiographic contrast medium. Work in progress," *Radiology*, vol. 184, pp.141-144, 1992.
- [11] D. C. Kweon, S. H. Jeong, T. H. Kim, J. G. Kim, and P. Park, "The development of extravasation detection accessory system for the preventive contrast media extravasation in the computed tomography: a preliminary report," *Korean J. Med. Phys.*, vol. 17, no. 1, pp.32-39, 2006.
- [12] D. C. Kweon, B. G. Yoo, J. S. Lee, M. S. Cho, and S. H. Yang, "An experimental study for performance evaluation in dogs of preventive contrast media extravasation with a strain gage based prototype extravasation detection accessory system," *J. Biomed. Eng. Res.*, vol. 29, no. 1, pp.66-72, 2008.
- [13] M. P. Federle, P. J. Chang, S. Confer, and B. Ozgun, "Frequency and effects of extravasation of ionic and nonionic CT contrast media during rapid bolus injection," *Radiology*, vol. 206, pp. 637-640, 1998.
- [14] J. E. Jacobs, B. A. Birnbaum, and C. P. Langlotz, "Contrast media reactions and extravasation: relationship to intravenous injection rates," *Radiology*, vol. 209, pp.411-416, 1998.
- [15] D. A. Mercer, "A 14-b 2.5 MSPS pipelined ADC with on-chip EPROM," *IEEE J. Solid State Circuits*, vol. 31, no. 1, pp.70-76, 1996.