

CT 검사에서 조영제의 혈관외유출 예방을 위한 EDA 시스템 개발의 예비 보고

서울대학교병원 *진단방사선과, †의공학과, ‡서울아산병원 방사선과,
§한서대학교 방사선학과, ||아주대학교 산업정보시스템공학과

권대철* · 정석희† · 김태형‡ · 김정구§ · 박 범||

CT 검사에서 조영제의 혈관외유출을 예방하기 위해 EDA 시스템을 증폭기, ADC, 스트레인 게이지로 구성하여 개발하였고, 스트레인 게이지의 신호의 수치를 나타내도록 프로그램을 설계하였다. 신호비율은 500/1000 sec, 분해능 값은 0에서 4,096범위로 표시하고, 입력범위 0~5 V이다. 혈관외유출 검출 문턱 값은 50으로 하였고, 10 간격으로 조정하도록 하였다. 개발된 EDA 시스템을 성인 50명을 대상으로 적용하였다. 2명의 환자에서 혈관외유출이 검출되었고, 조영제 주입속도는 2.0 mL/sec, 2.5 mL/sec, 압력은 137 psi, 158 psi, 혈관외유출된 조영제 용량은 22 mL, 25 mL였다. 설정된 주입 조영제에 비해 20% 정도의 적은 용량이 혈관외유출되었다. 개발된 EDA 시스템은 소량의 조영제를 검출하여 혈관외유출을 예방하는 효과가 있다.

중심단어: 조영제, 혈관외유출, 혈관외유출검출기, 전산화단층촬영

서 론

조영제를 자동주입기를 통해 혈관에 주입하여 검사하는 전산화단층촬영(Computed Tomography, CT) 검사에서 조영제의 혈관외유출(extravasation)은 조영제가 혈관 안으로 들어가는 대신에 혈관을 둘러싼 조직으로 주입되어, 조직의 괴사 및 합병증을 유발할 수 있다. 혈관외유출된 경우는 대부분의 환자에서는 자연히 흡수되어 치유되나, 고 삼투압에 의해 심한 조직괴사를 일으켜 경우에 따라서는 상처를 치유하기 위해 피부이식술이나 조직 재건술이 필요하게 된다.¹⁾ 또한 혈관외유출이 일어난 부위의 기능적 장애를 초래하고, 손상 받은 조직의 색깔 변화와 부종을 수반한 후유증까지 일어나고, 조직에 심한 손상을 보여 지속적인 관찰 및 치료를 해야 한다(Fig. 1). 환자에게 심한 신체적, 정신적 고통을 수반하고, 의료에 대한 불신 및 의료사고를 유발할 수 있어, CT 검사에서 사용하는 조영제의 혈관외유출을 사전에 예방 필요성이 높다.²⁾ 그러나 현재의 MD (multi-detector) CT 검사

에서는 조영제를 정맥 내에 약 120~180 mL를 혈관에 자동 주입기를 이용하여 주입하여 검사하고 있으며, 간동맥기에서의 bolus triggering 기법을 이용한 짧은 시간의 조영제 주입과 빠른 시간의 검사로 인하여 발생하는 혈관외유출의 부작용을 사전에 예방하는 필요성이 높다.³⁾

환자의 진단을 위해 사용하는 조영제의 혈관외유출로 인한 의료의 질 저하와 환자의 신체 조직의 괴사 및 손상을 방지하고, 환자의 불만, 두려움을 감소하기 위해, 혈관외유출에 의한 예방을 위해 혈관외유출 검출기(Extravasation Detection Accessory, EDA) 시스템을 개발하였다. 이러한 EDA 시스템을 CT 검사에서 환자의 IV (intravenous) 카테터 부위에 부착하여 조영제를 소량에서 검출하여 혈관외유출을 사전에 예방하는 데 목적이 있다.

재료 및 방법

EDA 시스템은 증폭기와 ADC (analog-digital converter), 스트레인 게이지(strain gage)로 구성하고, 신호를 검출할 수 있는 프로그램을 설계하였다(Fig. 2). CT 검사를 위해 내원한 환자를 대상으로 수용성 조영제를 자동주입기를 이용하여 IV 카테터 부위에 EDA 시스템을 부착하여 혈관외유출을 검출하였고, 혈관외유출된 환자는 동의 하에 혈관외유출 부위를 CT 스캔하여 확인하였다.

이 논문은 2006년 2월 23일 접수하여 2006년 3월 20일 채택되었음.
책임저자 : 권대철, (110-744) 서울서 종로구 연건동 28
서울대학교병원 진단방사선과
Tel: 02)2072-2914 Fax: 02)3672-4948
E-mail: kdc@radiol.snu.ac.kr



Fig. 1. Swelling in the dorsum of the hand occurred contrast media extravasation during CT scanning.

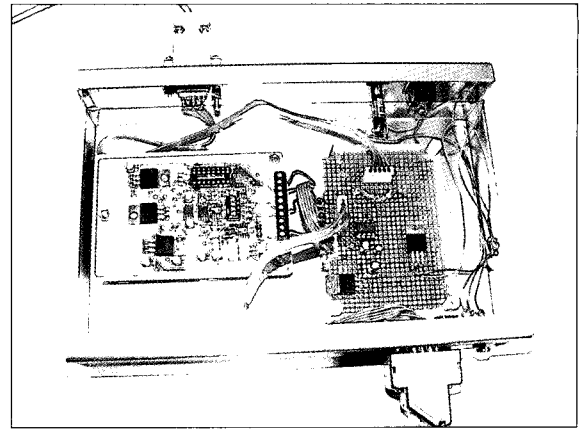


Fig. 3. Photograph shows of amplifier (left) and ADC (right).

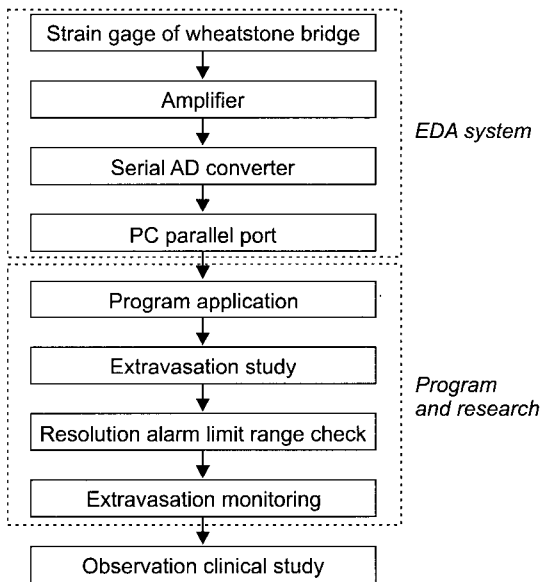


Fig. 2. Research of block diagram with the EDA system and program.

1. EDA 시스템

CT 검사에서 정맥주사에 자동주입기를 이용하여 조영제를 주입 시에 혈관외유출이 발생하는 경우에는 정맥 주사부위의 혈관외유출의 변화를 빠른 시간에 검출할 수 있도록 EDA 시스템을 설계하여야 한다. 이러한 요구를 충족시키기 위해서 스트레인 게이지를 이용하여 EDA 시스템을 제작하였고, 데이터를 증폭기를 이용하여 증폭하고, 신호의 디지털로 변환하기 위해 직렬전송 ADC (MAX187, Maxim, Japan), 안정적인 저항 값의 출력 변화를 이용하여

Table 1. Strain gage of specification of technical data.

Item		Strain gage
Carrier	Material	Polyimide
	Thickness of base (μm)	25 ± 10
	Thickness of cover (μm)	15 ± 10
Normal resistance (Ω)		120
Resistance tolerance (%)		± 0.2
Gage factor		2.1
Gage factor tolerance (%)		1
Transverse sensitivity (%)		3
Available temperature range ($^{\circ}\text{C}$)		$-70 \sim +230$
Maximum expansibility (%)	Grid length $\geq 3 \text{ mm}$	4~5
	Grid length $< 3 \text{ mm}$	2~3

혈관외유출을 검출하는 EDA 시스템을 설계하였다(Fig. 3). 환자의 정맥주사부위에 부착한 스트레인 게이지로부터 발생된 전위차는 증폭기(LCT-I420, CAS, Seoul, Korea)를 사용 센서의 신호 값을 증폭한다. 증폭된 신호 값은 디지털화하기 위해 ADC를 사용해 PC로 데이터 값을 전송한다. ADC는 분해능(resolution)이 12 bit, 직렬전송 데이터 전송 기능을 가진 ADC이다. PC의 병렬 포트에 들어온 데이터는 신호비율을 지정하여 신호를 처리하였다.

2. 스트레인 게이지

스트레인 게이지는 스트레인을 측정하고자 하는 피측정 물체에 접착하여 대상물의 스트레인이 그대로 게이지에 전달시켜 저항변화를 가져오게 하여 사용되는 것으로 혈관외유출을 검출하기 위해 전기저항의 변화 내용을 이용하는 기기로 피부 층에 스트레인 게이지를 붙여 검출하였

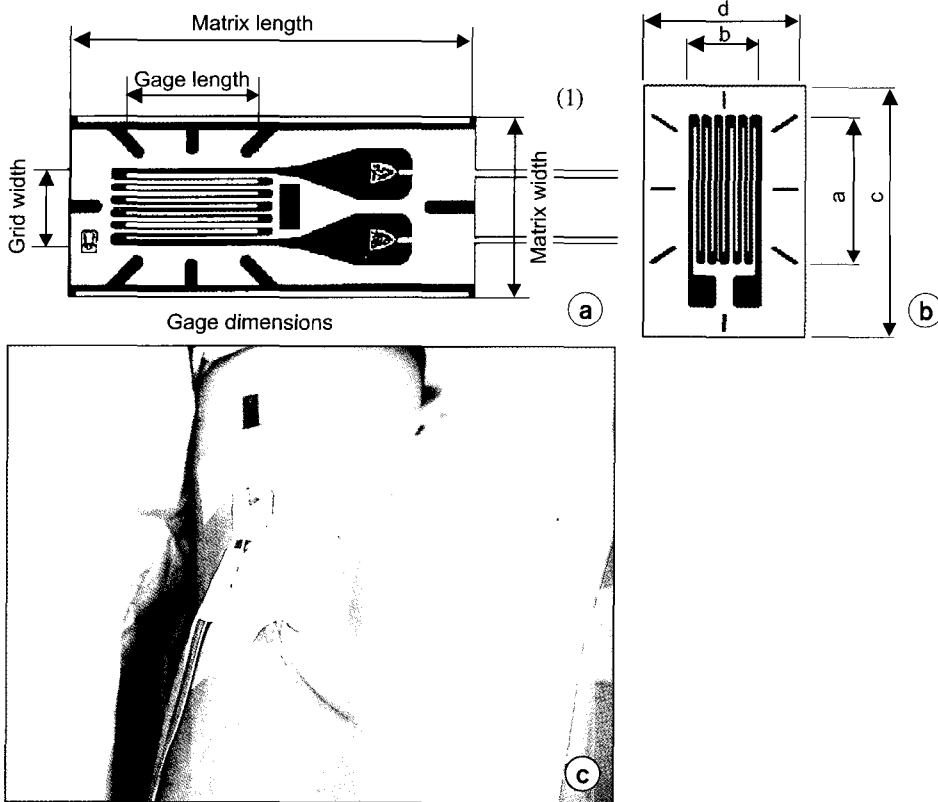


Fig. 4. Strain gage. (a) Dimensions of strain gage. (b) Small pliable strain gage (30×6 mm). (c) Strain gage consists of a small pliable patch that contains flat electrodes embedded in a clear flexible plastic sheet.

다(Table 1). 스트레인 게이지의 원리는 단면적 A , 고유저항 σ , 길이 L 인 전선의 저항은 다음과 같다(Fig. 4a).

$$R = \sigma \frac{L}{A}$$

개발에 사용된 스트레인 게이지(AE-XXS300N-120, CAS, Seoul, Korea)의 크기는 a (30 mm), b (0.6 mm), c (40 mm), d (6 mm)를 사용하였다(Fig. 4b). 스트레인 게이지를 환자의 IV 카테터 부위에 외과용 테이프를 이용하여 부착하여 신호를 검출하였다(Fig. 4c).

3. 프로그램

프로그램은 Microsoft Visual C++ 5.0을 이용하였고, Windows에서 port 주소를 직접 제어할 수 있는 DlportIO Library를 사용하였다. 혈관외유출을 감지하는 스트레인 게이지에서 신호를 EDA 시스템을 통해 분해능의 값에 따라 Windows color 및 progress bar의 값을 조정하였으며 신호 비율은 500/1000 sec, 12 bit ADC로 0에서 4,096 범위로 분해능을 표시하고, 입력범위 0~5 V이다. 분해능이 시간적으로 변화하는 것을 기록하기 위해 프로그램에 데이터 저장 기능을 만들어 텍스트 파일로 1초 간격으로 저장하였다

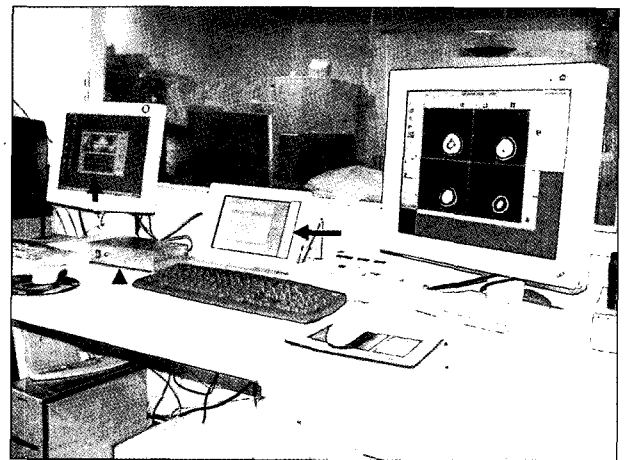


Fig. 5. Photograph shows of program (arrow) with the EDA system (arrowhead), contrast auto injector panel (long arrow) and CT operation monitor (right).

(Fig. 5). 병렬 포트 통신하였고, Windows XP에서는 주소를 직접 컨트롤하지 못하므로 범용으로 나와 있는 DlportIO Library를 사용하였다. 분해능 값의 범위는 10간격으로 200까지 조정하도록 하였다. 조영제 주입 후 정맥부위에서 스

트레인 게이지의 신호 값의 분해능이 혈관외유출이 되었을 때 경고 표시를 알려주는 혈관외유출 문턱(threshold) 값을 50으로 설정하였고(Fig. 6), 조영제 주입과정을 모니터링하도록 프로그램을 설계하였으며(Fig. 7a), 분해능 초기 값과의 차이가 50 이상으로 문턱 값이 증가하면 빨간색의 경고가 표시되도록 프로그램을 개발하였다(Fig. 7b).

4. CT 검사

CT 검사를 위해 내원한 환자 50명(남자; 20, 여자; 30, 평균나이; 47세)을 대상으로 EDA 시스템을 적용하였다. 조영제 주입속도는 2.0~4.0 mL/sec 사이에서 주입하였고, 조영제 용량은 최소 90 mL에서 최대 170 mL로 손등(dorsum of hand)과 전주와(antecubital fossa) 정맥에 IV 카테터로 주입하여 검사하였다(Table 2).

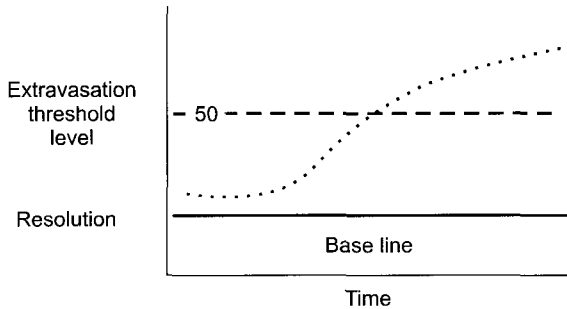


Fig. 6. Diagram illustrates of the extravasation threshold level of contrast media injection time.

CT검사기기(Marconi MX8000; Philips, Cleveland, OH)와 조영제(Ultravist 370; Schering, Berlin, Germany)를 자동주입기(Liebel-Flarsheim CT9000 ADV Injector for Contrast Media; Mallinckrodt, MO)로 주입하여 혈관외유출 검출 능력을 확인하였다.

결 과

성인 50명을 대상으로 EDA 시스템을 개발하여 적용하였고, 다양한 프로토콜을 이용하여 검사하였다. 환자의 성별과 나이, 조영제의 용량, 속도, 주입 시간, 압력, IV위치, 샘플링 데이터의 평균값을 구하였다. 바늘 크기는 18게이지로 일정하게 하였고, 혈관외유출 검출 문턱 값은 50으로 고정하였다. 검사대상환자의 조영제 주입속도는 평균 2.51 mL/sec, 조영제 용량은 평균 125.20 mL, 조영제 주입 시간은 52.22 sec, 주사부위의 평균압력은 143.52 psi, 샘플링 데이터의 평균은 868.48로 조사되었다(Table 3).

EDA 시스템을 적용하여 검출한 혈관외유출은 2명이었고(Table 3), 나머지 48명에서는 혈관외유출이 발생하지 않고 CT 검사를 종료하였다. 혈관외유출 검출 첫 번째 사례는 복부를 검사하는 환자의 왼쪽 손등에 주입기를 이용하여 조영제를 주입하였을 때의 조영제 주입속도는 2.0 mL/sec, 압력은 137 psi, 조영제 주입부위는 우측의 손등(dorsum of hand)이었다. 초기의 분해능 값이 850에서 902로 값이 50 이상 증가하여, 조영제 주입을 멈추었다. 환자에게 주입된 혈관외유출 조영제 용량은 22 mL였다. 두 번

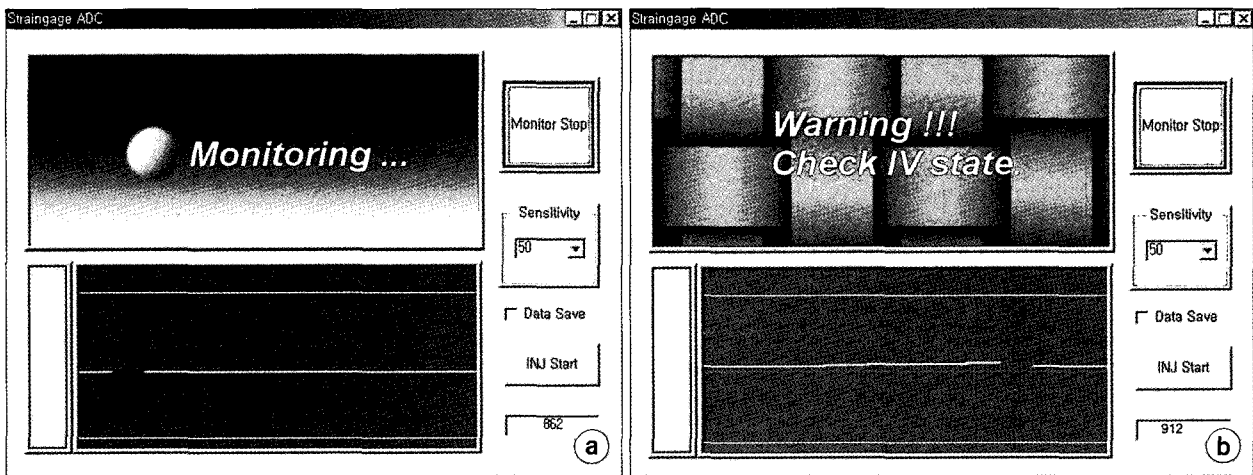


Fig. 7. Extravasation warning check program displays in the computer monitor in the 50 sensitivity. (a) Monitor display of monitoring program in the 862 resolution data. (b) Photograph shows of warning check IV catheter state of the EDA system (resolution data; 912) in the monitor.

Table 2. Characteristics of all patients with the EDA system research in the CT scanning.

Protocol	Age	Sex	Injection rate (mL/sec)	Volume attempted (mL)	Duration (sec)	Pressure (psi)	Resolution (Mean)	Injection IV site
Liver	61	Male	2.5	120	48	156	824	RT. dorsum of hand
L/E angio	33	Female	3.5	160	46	197	816	RT. dorsum of hand
Hepatobiliary	81	Male	2.0	120	60	112	843	LT. dorsum of hand
Hepatobiliary	63	Male	2.5	120	48	150	860	RT. dorsum of hand
Liver	56	Male	2.5	120	48	161	801	LT. antecubital fossa
Kidney	54	Male	2.0	120	60	110	853	LT. antecubital
L/E angio	51	Female	3.5	160	46	208	870	LT. dorsum of hand
Chest	32	Female	2.0	120	60	115	884	RT. dorsum of hand
Abdomen	42	Female	2.0	120	60	113	997	LT. dorsum of hand
Liver	64	Male	2.5	120	48	147	863	RT. antecubital fossa
Abdomen	42	Female	2.0	120	60	112	859	RT. antecubital
Liver	61	Female	2.0	120	60	146	853	LT. antecubital
Parotid	47	Female	2.0	120	60	132	894	RT. antecubital
PNS	28	Male	2.0	120	60	128	899	RT. antecubital
Stomach	47	Female	2.0	120	60	125	939	LT. antecubital
Pancreas	26	Female	2.5	120	48	152	805	LT. dorsum of hand
Neck	53	Female	2.0	120	60	86	861	LT. antecubital
Stomach	45	Female	2.0	120	60	121	869	RT. antecubital
Abdomen	58	Male	2.0	120	60	121	831	LT. dorsum of hand
L/E angio	34	Male	3.5	120	46	197	863	LT. antecubital
Renal angio	44	Male	3.5	160	48	218	879	LT. antecubital
Aorta angio	53	Female	3.5	160	46	206	848	RT. antecubital
Parotid	43	Female	2.0	120	60	160	950	LT. antecubital
Pelvis	36	Female	2.0	120	60	134	869	LT. antecubital
Neck	47	Female	2.0	120	60	75	855	RT. antecubital
Neck	52	Female	2.0	120	60	75	820	RT. antecubital
Pelvis	51	Female	2.0	120	60	126	886	LT. antecubital
Neck	49	Male	2.0	120	60	116	970	RT. antecubital
Pelvis	44	Female	2.5	120	48	79	807	RT. antecubital
Aorta angio	73	Female	3.5	170	49	116	884	LT. dorsum of hand
L/E angio	53	Male	4.0	170	43	220	895	LT. antecubital
Liver	61	Female	2.5	120	48	153	849	LT. antecubital
Neck	27	Female	2.0	120	60	89	893	RT. antecubital
Stomach	53	Male	2.0	120	60	125	861	RT. antecubital
Abdomen	42	Female	2.0	120	60	113	897	LT. dorsum of hand
Liver	64	Male	2.5	120	48	147	873	RT. antecubital
Abdomen	42	Female	2.0	120	60	112	869	RT. antecubital
Liver	41	Female	2.0	120	60	146	873	RT. antecubital
Abdomen	43	Female	2.5	120	48	79	818	RT. antecubital
Hepatobiliary	25	Male	3.0	130	43	172	850	RT. antecubital
Pelvis	35	Female	2.0	120	60	115	863	RT. antecubital
Neck	38	Female	3.0	90	30	187	842	RT. antecubital
Abdomen	65	Female	2.0	120	60	120	836	RT. antecubital
PNS	36	Male	3.0	90	30	195	996	RT. antecubital
Pelvis	62	Female	2.0	120	60	126	843	LT. antecubital
Hepatobiliary	43	Male	3.0	130	43	165	812	LT. antecubital
Liver	51	Male	3.0	130	43	170	891	RT. antecubital
Brain	36	Male	3.0	90	30	197	853	RT. antecubital
Liver	53	Male	4.0	130	33	227	863	RT. antecubital
L/E angio	26	Female	4.0	170	43	224	895	LT. dorsum of hand
Mean	47.32		2.51	125.20	52.22	143.52	868.48	

째 사례에서는 간을 검사하였고, 조영제 주입속도 2.5 mL/sec, 압력 158 psi이었고, 전주와(antecubital fossa) 부위의 정맥에서 혈관외유출이 있었다. 초기의 분해능 값은

984였으나, 10초 후에는 1,038로 초기 값으로 설정된 분해능이 50 이상을 증가하여 모니터에서 빨간색의 경고 등이 울려 조영제 주입을 중지하였다(Table 4). 정맥주사 부위에

Table 3. Clinically contrast media extravasations case of applied the EDA system.

Case	Protocol	Injection rate (mL/sec)	Volume attempted (mL)	Volume extravasation (mL)	Duration (sec)	Pressure (psi)	Injection site
1	Abdomen	2.0	120	22	10	137	RT. dorsum of hand
2	Liver	2.5	120	25	10	158	RT. antecubital fossa

Table 4. Resolution data of contrast medial administration following injection time in the extravasation case.

Injection time (sec)	Resolution data	
	Case 1	Case 2
1	984	850
2	995	853
3	1,011	861
4	1,020	864
5	1,030	868
6	1,031	870
7	1,027	872
8	1,030	886
9	1,031	896
10	1,038	902

주입된 혈관외유출 조영제의 용량은 25 mL였다(Table 3).

초기에 환자에게 주입용량으로 설정된 조영제 용량의 20% 적은 용량의 조영제가 혈관외유출이 되어 많은 용량의 혈관외유출을 사전에 예방하였다.

고 찰

최근의 CT에서 조영제주입기를 이용한 검사법이 증가하고 있으며, 이러한 수용성 조영제 사용으로 인한 부작용은 사람에 따라 나타날 수 있고, 부작용의 정도는 구토, 두드러기, 가려움증, 얼굴 붉어짐, 기침, 목쉼 소리, 콧물, 반점, 일시적 호흡곤란 등이 있으나 대개는 아무런 조치 없이도 증상이 사라진다. 드물게 과민성 반응이 나타나 적절한 치료를 해야 하는 경우가 있으며, 극히 드물게 사망에 이르는 경우도 보고되었고, 또한, CT 검사에서의 조영제 주입에 의한 혈관외유출의 합병증으로 많은 보고가 있었다.⁴⁾ 조영제 주입에 의한 혈관외유출된 부위는 부종이 형성되고 손상 받은 주위의 조직은 경계가 뚜렷해지고 피부의 색깔 변화를 초래한다. Daniel 등⁵⁾은 혈관외유출이 생기는 경우 피하조직 내의 정맥혈류를 부분적으로 방해하

여 결국에 동맥의 폐쇄로 인해 피부의 괴사를 초래한다고 보고하였고, Kim 등⁶⁾은 가토를 대상으로 혈관외유출의 괴사에 대한 실험적 연구를 하였고, Siström 등⁷⁾은 혈관외유출에 대한 28건의 사례를 보고하였다.⁷⁾

Fedele 등⁸⁾은 혈관외유출은 조영제의 bolus 주입속도와 이온성 비이온성과는 상관관계가 없다고 하였고, Jacobs 등⁹⁾은 혈관외유출이 일어난 6,660명에서 41명(0.6%)의 조영제 주입속도는 0.5~4.0 mL로 혈관외유출 빈도와 주입 속도와는 상관관계가 없다고 보고하였다. 본 연구에서는 50명을 대상으로 한 연구에서 혈관외유출은 각각 2.0 mL/sec, 2.5 mL/sec에서 검출되었고, 조영제 주입속도와 혈관외유출 상관관계는 대상 환자수가 적어 상관관계를 산출할 수 없었다. 이번 연구는 예비보고로서 다음 연구에서는 대상 환자를 늘려 조영제 주입속도, 검사종목, 주사위치별로 EDA 시스템을 다양하게 하여 검사할 필요가 있다. 혈관외유출이 검출된 사례의 환자는 동의 하에 혈관외유출 부위를 스캔하였다. 혈관외유출 사례 환자 모두 IV 카테터 부위에서 혈관외유출이 발생하였다. CT 검사에서 조영증강을 위한 IV 카테터의 정맥 삽입은 경험과 숙련된 간호사를 필요로 하고, 혈관외유출 발생이 높은 고위험도 환자를 분류하여 사전에 혈관외유출을 예방하여야 한다. 그러므로 혈관외유출을 예방하기 위해 EDA 시스템을 발전하도록 지속적으로 개발하여 기능을 보완하도록 한다.

Cochran¹⁰⁾은 1993년부터 1999년까지 비이온성 조영제를 자동주입기를 이용하여 검사할 때 해마다 0.3~0.4% 혈관외유출이 발생하여, 조영제 주입 시에는 혈관외유출의 예방을 위해 주의하여야 하며, Miles¹¹⁾는 검사환자의 1% 이내에서 혈관외유출이 발생한다고 보고하였다. 이러한 혈관외유출을 예방하기 위해 Nelson²⁾은 혈관외유출 부위에 검출기를 이용하여 혈관외유출을 예방할 수 있고, 약 10 mL의 혈관외유출로 검사환자의 궤양 및 조직의 괴사를 초래한다고 보고하였다.¹²⁾ 또한 Birnbaum¹³⁾은 500명의 조영제에 의한 혈관외유출 환자를 대상으로 한 연구에서 EDA는 484명에서 true positive였고, 혈관외유출 용량이 1

3~18 mL였다. 12명은 false positive 그리고 false negative 는 없다고 보고하여 EDA의 유용성을 보고하였다.

본 연구에서 자체 개발된 EDA 시스템은 CT 조영제 22~25 mL 소량의 조영제를 사전에 검출하여 Birnbaum¹³⁾과의 차이는 9~7 mL의 용량 차이를 보였다. 이에 CT 검사에서는 조영제를 정맥에 주입하여 검사하는 경우에 혈관외유출을 예방하기 위해 조영제 주입 위치에 혈관외유출 검출기를 부착하여 검사하도록 한다. 이러한 검출기 적용은 경제적, 시간적으로 어려움이 수반되기는 하나, 혈관외유출을 예방하기 위한 최선의 방법으로 도입 설치하여 CT 검사에 사용하고, 환자의 임상적 증례에 따른 가이드라인에 따라 주의하여 혈관외유출을 예방하여 검사하도록 한다.

혈관외유출이 발생한 경우의 치료법으로는 조영제에 의한 혈관외유출된 조직의 손상을 방지하기 위하여 혈관외유출 부위를 압박하거나 부종을 감소하기 위하여 거상을 시켜주도록, 조영제의 혈관외유출을 빠른 시간에 처치방법을 습득하여 처치하도록 하여야 한다.¹⁴⁾ 또한 혈관외유출 부위를 환자 동의를 받고 CT스캔하여 혈관외유출의 범위와 크기를 사전에 파악하여 구획증후군으로 발전하지 않도록 적절한 치료계획으로 이용하여야 한다.¹⁵⁾ 혈관외유출이 예견되는 소견을 간직하고 있는 고위험도 환자는 주의할 대상으로 분류하여 EDA 시스템을 적용하여 사전에 혈관외유출을 예방하도록 한다. 이러한 혈관외유출에 의한 조영제 부작용을 사전에 예방하기 위해 간호사와 방사선사는 혈관외유출 예방에 대한 사전 교육을 실시하고, 혈관외유출이 발생하면 환자에게 자세하게 설명하고, 혈관외유출 처치법에 따라 치료하도록 하여야 한다.

결 론

CT 검사에서 조영제의 혈관외유출을 예방하기 위해 EDA 시스템을 개발하였다. EDA 시스템은 조영제의 혈관외유출을 예방하는 효과가 있어, 의료의 질 증대와 함께 검사에 대한 의료서비스 향상이 예상되며, 피검사자인 방사선사와 간호사는 혈관외유출에 대한 부담을 줄일 수 있는 효과가 예상된다. 스트레인 게이지는 전기적 저항 값의 변화를 읽어 표시하는 기기로 환자의 IV 부위에 부착된 측정위치의 움직임에 민감하여 환자에 대한 세심한 관찰과 지속적인 연구 개발이 필요하다.

참 고 문 헌

1. Cohan RH, Ellis JH, Garner WL: Extravasation of radiographic contrast material: recognition, prevention and treatment. *Radiology* 200:593-604 (1996)
2. Nelson RC, Anderson FA, Birnbaum BA, Chezmar JL, Glick SN: Contrast media extravasation during dynamic CT: detection with an extravasation detection accessory. *Radiology* 209:837-843 (1998)
3. Shimizu T, Misaki T, Yamamoto K, Sueyoshi K, Narabayashi I: 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* 24(2): 219-223 (2000)
4. Bush WH, Swanson DP: Acute reaction to intravascular contrast media, types, risk factors, recognition, and specific treatment. *Am J Roentgenol* 157:1153-1161 (1991)
5. Daniel RK, William HB: The free transfer of skin flaps by microvascular anastomoses. *Plast and Reconstr Surgery* 52:16 (1973)
6. Kim SH, Park JH, Kim YI, Kim CW, Han MC: Experimental tissue damage after subcutaneous injection of water-soluble contrast media. *Invest Radiol* 25(2):171-183 (1989)
7. Sistrom SL, Gay SB, Peffley L: Extravasation of iopamidol and iohexhol during contrast-enhancement CT: report of 28 cases. *Radiology* 180:707-710 (1991)
8. Federle MP, Chang PJ, Confer S, Ozgun B: Frequency and effects of extravasation of ionic and nonionic CT contrast media during rapid bolus injection. *Radiology* 637:637-640 (1998)
9. Jacobs JE, Birnbaum BA, Langlotz CP: Contrast media reactions and extravasation: relationship to intravenous injection rates. *Radiology* 209:411-416 (1998)
10. Cochran ST, Bomyea K, Sayre JW: Trends in adverse events after IV administration of contrast media. *Am J Roentgenol* 176:1385-1388 (2001)
11. Miles SG, Rasmussen JF, Litwiller T: Safe use of an intravenous power injector for CT: experience and protocol. *Radiology* 190:69-70 (1990)
12. Ayre-Smith G: Tissue necrosis following extravasation of contrast media (letter). *J Can Assoc Radiol* 33:104 (1982)
13. Birnbaum BA, Nelson RC, Anderson FA, Chezmar JL, Glick SN: Extravasation detection accessory: clinical evaluation in 500 patients. *Radiology* 212:431-438 (1999)
14. Cohan RH, Dunnick NR, Leder RA, Baker ME: Extravasation of nonionic radiologic contrast media: efficacy of conservative treatment. *Radiology* 176:65-67 (1990)
15. Kweon DC, Kim TH, Yang SH, Yoo BG, Kim MG, Park P: Subcutaneous injection contrast media extravasation: 3D CT appearance. *Korean Journal of Medical Physics* 16(1):47-51 (2005)

The Development of Extravasation Detection Accessory System for the Preventive Contrast Media Extravasation in the Computed Tomography: A Preliminary Report

Dae Cheol Kweon*, Seok Hee Jeong[†], Tae Hyung Kim[‡], Jeong Goo Kim[§], Peom Park^{||}

Departments of *Diagnostic Radiology and [†]Biomedical Engineering, Seoul National University Hospital, [‡]Department of Radiology, Asan Medical Center, [§]Department of Radiological Science, Hanseo University, ^{||}Department of Industrial and Information Systems Engineering, Ajou University

To assess the ability of an extravasation detection accessory (EDA) system to detect clinically important extravascular injection of iodinated contrast material delivered with an automated power injector. Fifty patients referred for contrast material 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. The presence or absence of extravasation was definitively established with multi-detector CT at the injection site (injection rate, 2.0~2.5 mL/sec). There were two true positive, extravasation volumes 22~25 mL. The EDA system had sensitivity in the detection of clinically important extravasation. The EDA system is easy to use, safe, and accurate in the monitoring of intravenous injections for extravasation, which may prove especially useful in CT applications.

Key Words: Contrast media, Extravasation, EDA system, Computed tomography