가토 정맥에서 CT 조영제의 혈관외유출 예방을 위한 EDA 시스템의 실험적 연구

*서울대학교병원 진단방사선과, †의공학과, ‡한국재활복지대학 의료보장구과,
§예수병원 영상의학과, ‖우석대학교 부속 한방병원 방사선과, ¶원광보건대학 방사선과

권대철* · **정석희†** · **양성환‡** · **조문선†** · **장근조§** · **김순근‖** · **유병규¶** · **이종석¶**

CT 검사에서 조영제 혈관외유출을 예방하기 위해 EDA 시스템을 개발하여 가토를 대상으로 실험적으로 혈관외유출의 검출 효율을 평가하였다. 7마리의 가토 IV 정맥 부위에 EDA 시스템의 스트레인게이지를 부착하여 조영제를 주입하면서 혈관외유출 검출 효율을 평가하였다. 조영제의 혈관외유출은 7건으로 혈관외유출 용량 14~23 ml (평균 18.86 ml), 혈관외유출 발생시간 평균 11.29초, 평균압력 109.71 psi, EDA 시스템에서 스트레인게이지의 분해능 평균 512.18, 진양성 7건, 진음성 19건, 위양성 2건이었고, 민감도 100%, 특이도 90%로 나타났다. 개발된 EDA 시스템을 가토에 실험적으로 적용하여 소량의 혈관외유출 조영제를 검출하는 효율이 있어 혈관외유출을 예방하는 효과가 있다.

중심단어: 가토, 조영제, 혈관외유출, 혈관외유출검출기

서 론

현재 MDCT (multidetector computed tomography)는 조영제를 정맥 내에 자동주입기로 bolus triggering 기법을 이용한 짧은 시간의 조영제 주입과 빠른 시간의 검사로 인하여 혈관외유출(extravasation)의 부작용 발생의 빈도가 높다. 이러한 혈관외유출은 조영제가 혈관 안으로 들어가는 대신에 혈관을 둘러싼 조직으로 주입되어, 조직의 괴사 및 합병증을 유발 할 수 있다. 혈관외유출된 경우에 대부분의 환자에게는 조영제가 자연히 흡수되어 치유되나, 고삼투압으로 심한 조직의 괴사로 구획증후군(compartment syndrome)으로 진전되면 피부이식술이나 조직 재건술이 필요하다.[1] 또한 혈관외유출이 일어난 부위의 기능적 장애와 손상조직의 색깔 변화와 부종을 동반한 후유증으로, 조직에 심한 손상을 보여 지속적인 관찰 및 치료를 해야 한다.[2] 환자에게 심한 신체적, 정신적 고통을 수반하고, 의료불신 및 의료사고를 유발한다. 이에 CT검사에서 사용하는 조영제의 혈관외유출을 사전에 예방하여야 한다.[3]

환자의 진단을 위해 사용하는 조영제의 혈관외유출로 인한 의료의 질 저하와 환자의 신체 조직의 괴사 및 손상을 방지하고, 환자의 불만, 두려움을 감소하기 위해, 혈관외유출 예방이 필요하다. 혈관외유출을 예방하기 위한 방법으로 혈관외유출 검출기(extravasation detection accessory, EDA) 시스템을 개발하여 환자를 대상으로 한 예비보고를 하였으나,[4] 동물을 대상으로 실험을 실시한 연구는 아직 보고되지 않아, 우선 가토를 대상으로 EDA 시스템의 검출 효율을 실험적으로 연구하였다.

이 논문은 2006년 11월 14일 접수하여 2006년 12월 21일 채택되었음.
책임저자 : 권대철, (10-744) 서울시 종로구 연건동 28
서울대학교병원 진단방사선과
Tel: 02-2072-3687, Fax: 02-3672-4948
E-mail: kdc@radiol.snu.ac.kr

대상 및 방법

1. EDA 시스템

CT 검사에서 정맥 주사 부위에 조영제의 혈관외유출의 변화를 빠른 시간에 검출할 수 있도록 EDA 시스템을 제작하였다. EDA 시스템은 스트레인게이지(AE-XXS300N-120, CAS, Seoul, Korea)와 신호증폭기(LCT-I420, CAS, Seoul, Korea), 그리고 아날로그-디지털 변환기 ADC (analog-digital converter)로 구성하고, 신호를 검출할 수 있는 프로그램을 설계하였다(Fig. 1).

스트레인게이지는 혈관외유출을 검출하기 위해 전기저항의 변화 내용을 이용하는 센서로 피부층에 붙여 검출하였다. 스트레인게이지의 변화에 따른 미세 전압을 증폭기를 이용하여 증폭하고, 이를 직렬전송 ADC (MAX187, Maxim, Japan)를 사용하여 신호를 디지털로 변환 처리해 혈관외유출을 검출하도록 하였다.

환자의 정맥주사부위에 부착한 스트레인게이지로부터 발생된 전위차는 증폭기를 사용하여 센서의 신호 값을 증폭한다. 증폭된 신호 값은 디지털화하기 위해 ADC를 사용해 PC로 데이터 값을 전송한다. ADC는 분해능(resolution)이 12 bit이고, 직렬전송으로 데이터를 전송한다. PC의 병렬 포트로 들어온 데이터는 신호비율을 지정하여 신호를 처리하였다.

프로그램은 Microsoft Visual C++ 5.0으로 Windows에서 port 주소를 직접 제어할 수 있는 DlportIO Library를 사용하였다. 혈관외유출을 감지하는 스트레인게이지에서 신호를 EDA 시스템을 통해 분해능에 따라 Windows color 및 progress bar의 값을 조정하였으며 신호비율은 0.5 sec, 12 bit ADC로 0에서 4096 범위로 분해능을 표시하고, 입력범위는 0~5 V이다. 분해능이 시간적으로 변화하는 것을 기록하기 위해 프로그램에 데이터 저장 기능을 만들어 텍스트 파일로 1초 간격으로 저장하였다. 병렬 포트로 통신하였고, Windows XP에서는 주소를 직접 컨트롤하지 못하므로 범용으로 나와 있는 DlportIO Library를 사용하였다.

조영제 주입 후 정맥 부위에서 스트레인게이지의 신호값의 분해능이 혈관외유출이 되었을 때 경고 표시를 알려주는 혈관외유출 문턱(threshold)값의 조정범위는 10부터 시작하도록 하여 10 간격으로 200까지 프로그램에서 조정하도록 설계하였고, 조영제 주입과정을 모니터링 하도록 프로그램을 설계하였으며, 분해능 초기 값과의 차이가 50 이상으로 문턱 값이 증가하면 빨간색의 경고표시가 되도록 프로그램에 적용하였다(Fig. 2).

가토의 대퇴정맥에 EDA 시스템의 스트레인게이지를 (Fig. 3) 부착하여 수용성 조영제를 자동주입기를 이용하여 주입하면서 혈관외유출을 검출하였고, 혈관외유출 부위를 CT 스캔하였다.

2. 가토

EDA 시스템의 검출능력을 확인하기 위해 7마리의 가토를 대상으로 실험적 연구를 하였다. 가토의 대퇴정맥에 IV

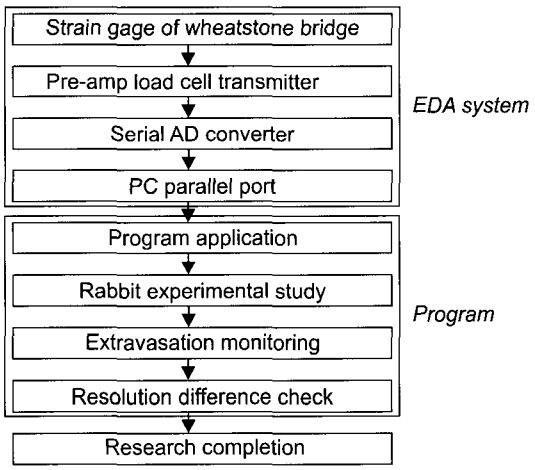

Fig. 1. Schematic diagram of the EDA system.

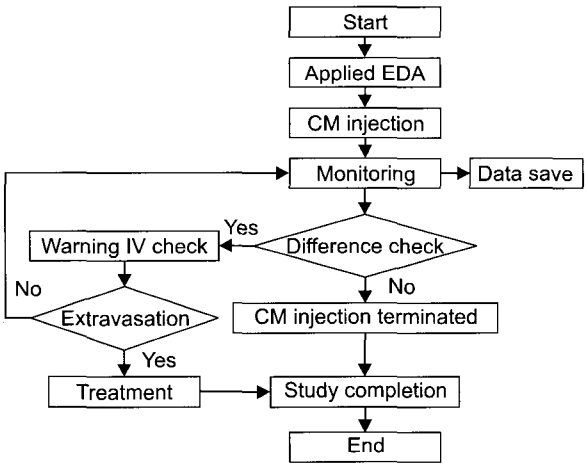

Fig. 2. Diagram shows flowchart protocol of extravasation detection program.

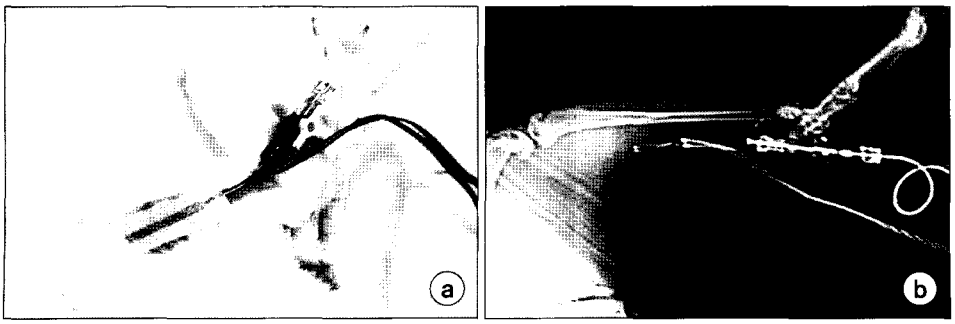

Fig. 3. (a) Photography of the rabbit fore foot attached the EDA system, and (b) CT scout view of the rabbit fore foot displaying the strain gage and the cable.

(intravenous) 카테터를 삽입하여 조영제 주입 과정에서 혈관외유출이 되는 경우를 알아보기 위하여 가토의 대퇴정맥을 대상으로 하였으며, 혈관외유출 용량이 얼마나 되는지, 대퇴근육 조직을 해부하여 조영제 주입을 확인하였다.
동일한 실험 조건을 마련하기 위하여 가토의 IV 카테터 위치, 조영제의 주입속도, 압력 및 용량을 일정하게 하였다. 체중 2~3 kg인 가토 7마리를 실험대상으로 하였고, 가토의 대퇴정맥에 IV 카테터(diameter of 1.3 mm; length of 30 mm; BD IV Catheter; Becton Dickinson Korea, Seoul) 삽입과 스트레인게이지 부착을 용이하게 하기 위해 앞발과 뒷발의 털을 전기면도기와 수동면도기를 이용하여 깎았다. 가토를 마취하기 위해 ketamine hydrochloride (Ketalar, Yuhan Yanghang, Seoul, Korea) 10 mg과 xylazine hydrochloride (Rompun, Bayer Korea, Seoul, Korea) 20 mg을 혼합하여 정맥주사하였다. 가토의 다리 부위의 털이 깎여진 정맥부위에 18게이지 IV 카테터를 삽입하고 EDA시스템을 부착하여 혈관외유출에서의 분해능과, 조영제의 주입 속도를 기록하였다. 이때의 조영제 자동주입기의 주입압력은 최대 300 psi로 설정하였으며 조영제 주입이 종료되면 자동주입기의 모니터에 표시되는 주입압력을 기록하였고, 조영제 주입 용량은 120 ml로 하였다.

가토의 다리의 IV 부위에 EDA 시스템의 스트레인게이지를 부착하였다(Fig. 3). 스트레인게이지에서 얻어진 데이터의 분해능을 PC의 병렬포트에 케이블을 연결하여 전송하여, 혈관외유출 검출 프로그램에서 분해능이 문턱 값을 초과하는 경우에 혈관외유출을 검출하도록 설계하였다.

3. CT 스캔 및 3D 영상

CT 스캐너(Lightspeed Ultra; GE, Milwaukee, WI, USA)와 조영제 자동주입기(Liebel-Flarsheim CT9000 ADV Injector for Contrast Media; Mallinckrodt, MO, USA)를 사용하여 2.0 ml/sec 속도로 조영제(Ultravist 370; Schering, Berlin, Germany)를 주입하여 EDA 시스템의 혈관외유출 검출 능력을 확인하였다. 혈관외유출의 정도 및 침범을 확인하기 위해 혈관외유출 발생 부위를 CT 스캐너를 이용하여 스캔하였다. 혈관외유출 부위를 스캔한 데이터를 네트워크를 통해 3D 프로그램(Rapidia 2.8, Infinitt, Seoul, Korea) 워크스테이션으로 전송하여 혈관외유출 부위의 3D의 볼륨렌더링 영상을 구현하여 조영제가 뼈 및 조직과 구분하도록 영상 처리하였다.

4. 조직검사

가토의 혈관외유출 부위를 사진 촬영하고, 조직의 혈관외유출 범위와 침범, 그리고 조영제 잔존 및 출혈 여부를 확인하기 위해 조직을 축출하고 염색하여 현미경으로 관찰하였다. 실험적 연구가 끝난 후 thiopental sodium (Pentothal, Choong Wae Pharmacy, Seoul, Korea)을 귀정맥(ear vein)에 주사하여 희생시킨 후 대퇴부위의 근육을 적출하였다. 절단한 절편의 육안 소견 사진촬영을 위해 디지털 카메라(D70s, Nikon, Japan)를 사용하였다. 병리표본 제작 및 관찰을 위해 사진촬영을 마친 대표적 절편을 10% 중성 포르말린 용액에 48시간 이상 고정한 후 4% 질산수용에 탈회(decalcification)하고 파라핀에 포매한 후 6 μm 두께로 박절하고 통상적인 Hematoxylin eosin 염색을 하였다.

5. 혈관외유출 정의 및 통계처리

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 진행하는 것이다. 위양성(false-positive)은 실제로는 양성의 혈관외유출이 아닌데 결과적으로 양성의 혈관외유출로 나온다는 뜻으로, 위음성(false-negative)은 실제로 그 정보가 양성의 혈관외유출로 검사 결과에서는 음성으로 나오면 위음성(false-negative)으로 정의하였다.

EDA시스템의 검출효율을 평가하기 위해 분해능의 산점도 표시 및 통계적 처리를 Kruskal-Wallis (SPSS 11.0, Chicago, IL, USA) 방법으로 7마리 가토 사이에 혈관외유출 EDA 시스템의 분해능 값의 유의함을 확인하였다.

결 과

가토 7마리에 18 게이지 바늘을 삽입하고 EDA 시스템을 가동하여, 조영제 주입속도 2.0 ml/sec로 자동주입기를 이용하여 주입하여 혈관외유출을 검출하였다. 가토의 정맥주사 부위에서 혈관외유출이 발생하면 프로그램에서 혈관외유출을 경고하였다.

3D 프로그램을 이용하여 산출한 조영제의 혈관외유출 용량은 평균 18.86 ml이고, 모니터에서 배달된 조영제 용량의 평균은 23.29 ml로 산출되었다. 조영제의 혈관외유출이 발생하는 조영제 주입 시간은 평균 11초, 평균압력은

Table 1. Extravasation true positive cases of rabbits.

Case	Pressure (psi)	Injection rate (ml/sec)	Time of extravasation (sec)	Attempted volume (ml)	Delivered volume (ml)	Extravasated volume (ml)
1	93	2	7	100	14	14
2	99	2	8	100	21	18
3	110	2	9	100	18	17
4	98	2	10	100	20	16
5	117	2	12	100	30	23
6	133	2	15	100	31	21
7	118	2	16	100	29	23
Mean	109.71	2	11	100	23.29	18.86

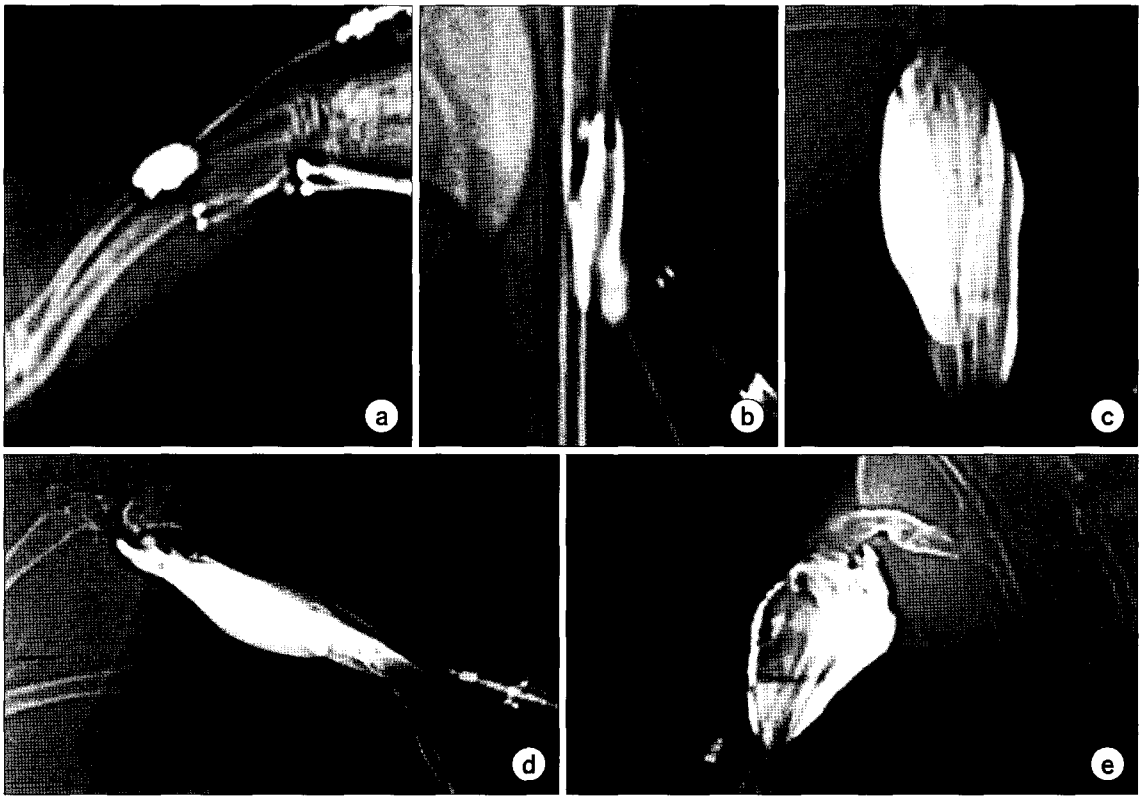

Fig. 4. Multiple displays of CT scout view extravasation state. (a) Fore foot extravasated 14 ml. Extravasation of radiological contrast material in hind leg, estimated to have a volume of 16 ml (b), 18 ml (c), 17 ml (d) 18 ml (e).

109.71 psi로 조사되었다(Table 1). 혈관외유출 조영제의 용량이 14~18 ml 용량인 가토의 다양한 CT 스카우트 영상을 그림으로 보여주고 있다(Fig. 4). 혈관외유출이 검출된 가토 7마리에서 진양성(true-positive)으로 확인하였고, 평균 분해능이 512.18±19.62 (m± σ)로 분석되었다(Table 2). 진양성은 조영제 주입속도 2.0 ml/sec에서 7건, 진음성(true-negative)은 19건, 위양성(false-positive)은 2건, 위음성(false-negative)은 없었다. 민감도(sensitivity)는 진양성으로 나타나는 확률이 7건으로 100%이고, 특이도(specificity)는 진음성 19건, 위양성은 2건으로 90%였다.

Fig. 5는 가토의 오른쪽 뒷다리에서 23 ml 혈관외유출이 발생한 진양성 영상으로 CT 스카우트 영상(Fig. 5a)과 볼륨

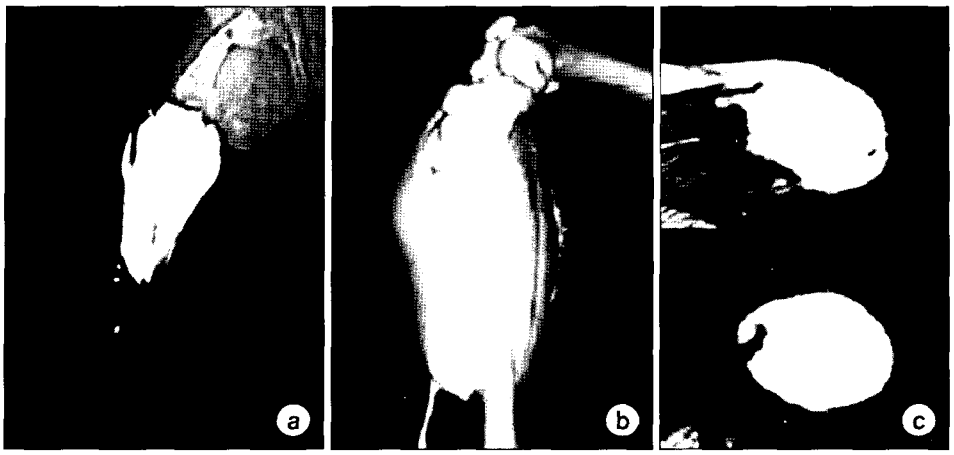

Fig. 5. CT images for a true-positive case of extravasation in a rabbit right hind leg. (a) CT scout view of the injection site shows extravasated contrast material, which was estimated to have a volume of 23 ml in right hind leg. Volume rendering image of the (b). (c) CT axial scans obtained at the extravasation site.

Table 2. Resolutions summary of the rabbits for true positive cases.

Case	Mean	Standard deviation
1	510.71	21.77
2	508.75	17.95
3	510.88	18.50
4	518.90	25.57
5	509.41	16.70
6	520.78	23.26
7	505.81	13.56
Total mean	512.18	19.62

Fig. 6. Photography shows extravasated contrast material within the muscle tissue surrounding.

렌더링(Fig. 5b), 횡단면 영상(Fig. 5c)의 영상을 보여주고 있다. Fig. 6은 조영제의 혈관외유출이 발생한 후 4시간이 지나 조직 사이로 혈관외유출된 투명한 조영제와 정맥의 혈액이 근육 및 조직 주위에 모여 있다. Fig. 7은 조영제 주입에 따른 분해능 값의 분포가 초기에는 500을 조금 넘게 시작되어 조영제 주입시간이 지나면서 분해능의 값이 증가하여 혈관외유출이 발생하는 현상을 산점도로 표시하고 있다. 가토에서 조영제의 혈관외유출이 발생한 부위의 조직의 영상을 확인하기 위해 가토의 대퇴부 조직을 Hematoxylin eosin으로 염색하여 20배 확대한 현미경(Phase contrast microscope, Dongwon, Korea)을 영상으로 조영제의 혈관외유출이 발생한 오른쪽 대퇴골 부위의 근육에서 피가 응고되어 있는 모습이 Fig. 8에서 보여주고 있다. 혈관외유출이 발생한 가토 사이의 혈관외유출 EDA시스템의 분해능의 값의 통계적 유의성을 확인하기 위하여 Kruskal-Wallis 검정 수행을 실시하여 결과가 통계적으로 유의함을 확인하였다

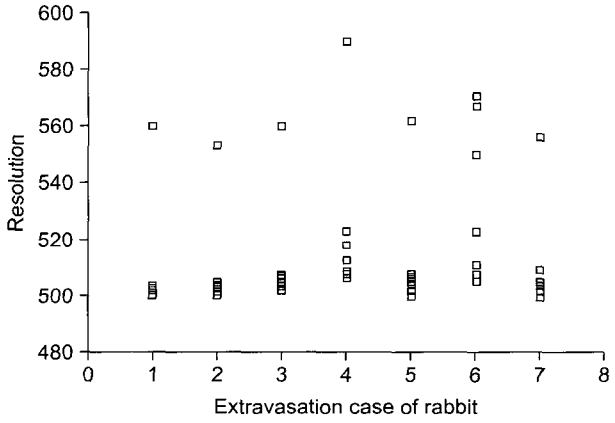

Fig. 7. Photograph of scatter resolution of rabbit extravasation.

($p<0.05$). Fig. 9는 혈관외유출이 발생하여 진양성으로 정의된 사례 7건에서 조영제 주입에 따른 시간증가에 따라 분해능의 값이 증가되는 모습을 보여주고 있다.

Fig. 8. Photomicrograph demonstrating hemorrhage. Hemorrhage is present at several levels of the muscle (H&E: ×20).

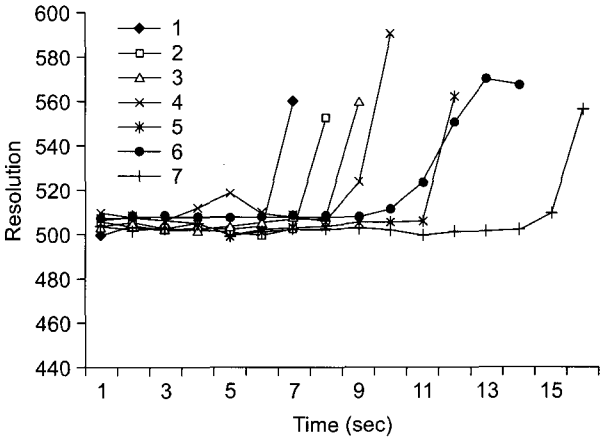

Fig. 9. Graph of resolution data according to time in the extravasated rabbits.

고 찰

MDCT검사는 빠른 스캔이 가능하기 때문에 한 번의 호흡정지만으로 검사부위를 스캔할 수 있고, 간 동맥기 지속시간이 20~30초 정도로 짧으며, 조영제를 정맥 내 약 120~180 ml를 자동주입기를 이용하여 주입하여 검사한다. 이러한 간 동맥기에서의 bolus triggering 기법을 이용한 짧은 시간의 조영제 주입과 빠른 시간의 검사로 인하여 발생하는 혈관외유출의 부작용을 사전에 예방하는 필요성이 높다.[5] 본 연구에서 혈관외유출이 발생한 진양성에서의 시간의 평균 11초였다. 그러므로 짧은 시간에 혈관외유출이 발생하는 혈관외유출을 대비하기 위해 EDA 시스템을 CT 스캔에서 적용해야 한다.

CT검사에서의 조영제 주입에 의한 혈관외유출된 부위는 부종이 형성되고 손상 받은 주위의 조직은 경계가 뚜렷해지며 피부의 색깔 변화를 초래한다. Daniel과 William[6]은 혈관외유출이 생기는 경우 피하조직 내의 정맥혈류를 부분적으로 방해하여 결국에 동맥의 폐쇄로 인해 피부의 괴사를 초래한다고 보고하였고, Kim 등[7]은 가토를 대상으로 혈관외유출의 괴사에 대한 실험적 연구를 하였으며, Sistrom 등[8]은 혈관외유출에 대한 28건의 사례를 보고하였다. Fedele 등[9]은 혈관외유출은 조영제의 bolus 주입속도와 이온성 비이온성과는 상관관계가 없으며, Jacobs 등[10]은 혈관외유출이 일어난 6,660명에서 41명(0.6%)의 조영제 주입속도는 0.5~4.0 ml/ sec로 혈관외유출 빈도와 주입 속도와는 상관관계가 없다고 보고하였다. 혈관외유출이 발생한 경우 치료법으로는 조영제에 의한 혈관외유출된 조직의 손상을 방지하기 위하여 혈관외유출 부위를 압박하거나 부종을 감소하기 위하여 거상을 시켜주도록, 조영제의 혈관외유출을 빠른 시간에 처치방법을 습득하여 처치하도록 해야 한다.[11] 또한 혈관외유출 부위를 환자 동의를 받고 CT스캔하여 혈관외유출의 범위와 크기를 사전에 파악하여 구획증후군으로 발전하지 않도록 적절한 치료계획으로 이용해야 한다.[12]

Cochran 등[13]은 1993년부터 1999년까지 비이온성 조영제를 자동주입기를 이용하여 검사할 때 해마다 0.3~0.4% 혈관외유출이 발생하여, 조영제 주입 시에는 혈관외유출 예방을 위해 주의하여야 하며, Miles 등[14]은 검사환자의 1% 이내에서 혈관외유출의 발생을 보고하였다. Nelson 등[3]은 혈관외유출 부위에 검출기를 이용하여 혈관외유출을 예방할 수 있고, 혈관외유출로 인한 조직의 구획증후군으로의 진전을 예방하기 위해 흡입술을 실시한 사례를 보고하였다.[15] 이러한 혈관외유출에 의한 조영제 부작용을 사전에 예방하기 위해 간호사와 방사선사는 혈관외유출 예방에 대한 사전 교육을 실시하고, 혈관외유출이 발생하면 환자에게 자세하게 설명하며, 혈관외유출 처치법에 따라 치료하도록 하여야 한다.

초기의 CT 조영제 증강효과의 위상을 위해 조영제 주입 후 약 5~20초 조영제 주입하는 시간 동안 모니터링 할 수 있고, 계속되는 조영제 주입으로 혈관외유출이 발생하는 경우에 대해서는 환자의 의사표시 예외는 조영제 주입 기간 동안의 모니터링을 확인할 수 없다. 그러므로 혈관외유출 예견되는 고위험도 환자는 주의대상으로 분류하여 EDA

시스템을 적용하여 사전에 혈관외유출을 예방하도록 한다.

EDA 시스템의 유용성을 파악하기 위해 가토를 실험적 동물로 선택하였다. 피부나 피하조직을 실험부위로 사용하는 경우에 인체와 유사한 피부 및 피하조직 구조를 갖는 실험동물을 선택해야 하므로 어려움이 있다. 동물을 피부 및 피하조직의 구조에 따라 fixed-skin animal과 loose-skin animal로 나눌 수 있는데 전자에서는 근육층 밑에 위치한 분절동맥에서 수직으로 분지하는 동맥이 근육, 피하조직 및 피하에 혈액공급을 하는 반면, 후자에서는 분절동맥은 근육층에만 혈액공급을 하고 피부 직하부의 얇은 피부근층(panniculus carnosus)에 있는 피부동맥이 직접 피부에 혈류공급을 하며 피하지방층이 얇다. 전자에 인간과 돼지가 속하고, 후자에 쥐, 가토, 개 등이 속한다.[16] 본 실험에서는 해부학적 차이는 있으나, 많은 수를 사용하기에 적당한 가토를 대상으로 하였다. 해부학적 구조 차이는 있어도, 혈관외유출을 검출하는 데는 큰 차이가 없을 것으로 생각된다. 실제 CT검사의 조영제 주입은 정맥을 사용하고 있으며, 혈관외유출 부위도 정맥의 주에서 발생하고 있어, 가토의 대퇴정맥을 대상으로 하였고, 정맥주사는 기술적인 차이에 의한 오차를 배제하기 위해서 모두 검사실의 동일한 간호사가 시행하였다.

조영제 자동주입기의 정맥 내 주입 압력은 300 psi로 설정 하였는데 이는 임상에서의 자동주입기의 압력 설정이 300 psi로 설정하는 경우가 많고,[17] 혈관이 약하거나 바늘의 게이가 큰 경우에는 압력을 약간 내리는 경우로 설정하는 경우가 있어, 본 실험에서는 모두 18게이지 바늘을 사용하여 모두 같은 압력을 설정하였다.

Nelson 등[3]은 정맥 주사 위치에 패치를 붙여 저항의 변화로 혈관외유출을 검출하는 동물 및 인간을 대상으로 한 실험적 연구에서 10~20 ml의 혈관외유출을 검출하였고, 기존의 자동주입기의 가격에 비해 EDA 시스템은 약 1.5배의 가격으로 경쟁력이 있어 CT 검사에서 안정성이 있어 상업적으로 사용할 것을 권고하였다. Birnbaum 등[12]은 500명의 조영제에 의한 혈관외유출 환자를 대상으로 한 연구에서 EDA는 484명은 진양성으로 혈관외유출 용량이 13~18 ml, 12명은 위양성과 위음성은 없다고 보고하여 EDA의 유용성을 보고하였다.

본 연구에서의 가토를 대상으로 한 동물실험에서는 EDA 시스템이 14~23 ml (평균 18.86 ml)의 혈관외유출 용량을 검출하여 Shaeffer 등[17]의 연구에 비해 많은 용량의 혈관외유출을 검출하였고, Nelson 등[3]의 연구와는 비슷한 혈관외유출의 용량을 EDA 시스템이 검출하였다. 본 연구에서 검출된 혈관외유출 용량이 Birnbaum 등[12]의 13~18 ml보다 1~5 ml 많았다.

CT검사에서 조영증강을 위한 IV 카테터의 정맥 삽입은 경험과 숙련된 간호사를 필요로 하고, 혈관외유출이 발생이 높은 고위험도 환자들을 분류하여 사전에 혈관외유출을 예방하여야 한다. CT 검사에서 조영제의 주입과정에서 환자의 정맥주사 부위에서 발생하는 혈관외유출을 예방하기 위해 EDA 시스템을 발전하기 위해 지속적으로 개발하여 기능을 보완하도록 한다.[4]

EDA 시스템을 조영제를 주입하여 검사하는 CT검사의 경우 혈관외유출을 예방하기 위해 조영제 주입 바늘위치에 정확히 스트레인게이지를 부착하여 혈관외유출을 검출하는 EDA 시스템을 부착하여 혈관외유출을 예방하도록 권고하여야 한다. 이러한 검출기 적용은 경제적 시간적으로 어려움이 수반되기는 하나, 혈관외유출을 예방하기 위한 최선의 방법으로 도입 설치하여 CT검사에 사용하고, 환자의 임상적 증례에 따른 가이드라인에 따라 주의하여 혈관외유출을 예방하여 검사하도록 한다.[11]

결 론

CT 검사에서 조영제의 혈관외유출을 예방하기 위해 EDA 시스템과 혈관외유출 검출 프로그램을 개발하여 가토를 대상으로 하여 실험적 연구를 하였다. 조영제의 혈관외유출은 7건으로 혈관외유출 용량은 평균 18.86 ml, 혈관외유출이 발생하는 시간은 평균 11.29초, 민감도(100%), 특이도(90%)로 나타났다. 개발된 EDA 시스템은 혈관외유출된 소량의 조영제를 검출하여 혈관외유출을 예방하는 효과가 있다.

스트레인게이지는 전기적 저항 값의 변화를 읽어 표시하는 기기로 환자의 IV 부위에 부착하여 측정하므로 움직임에 세심한 관찰과 지속적인 연구 개발이 필요하다.

참 고 문 헌

1. Stein DA, Lee S, Raskin KB: Compartment syndrome of the hand caused by computed tomography contrast infiltration. Orthopedics 26:333-334 (2003)
2. Kweon DC, Kim TS, Yang SH, Yoo BG, Kim MG, Park P: Subcutaneous injection contrast media extravasation: 3D CT appearance. Korean J Med Phys 16:47-51 (2005)
3 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)
4. **Kweon DC, Jeong SH, Kim TH, Kim JG, Park P**: The development of extravasation detection accessory system for the preventive contrast media extravasation in the computed tomography: a preliminary report. Korean J Med Phys 17:32-39 (2006)
5. **Baron RL, Oliver JH, Dodd GD, Nalesnik M, Holbert BL, Carr BI**: HCC: evaluation with biphasic, contrast-enhanced, helical CT. Radiology 199:505-511 (1996)
6. **Daniel RK, William HB**: The free transfer of skin flaps by microvascular anastmoses. Plast Reconstr Surg 52:16 (1973)
7. **Kim SH, Park JH, Kim YI, Kim CW, Han MC**: Experimental tissue damage after subcutaneous injection of water-soluble contrast media. Invest Radiol 25:171-183 (1989)
8. **Sistrom SL, Gay SB, Peffley L**: Extravsastion of iopamidol and iohexhol during contrast-enhancement CT: report of 28 cases. Radiology 180:707-710 (1991)
9. **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)
10. **Jacobs JE, Birnbaum BA, Langlotz CP**: Contrast media reactions and extravasation: relationship to intravenous injection rates. Radiology 209: 411-416 (1998)
11. **Bellin MF, Jakobsen JA, Tomassin I, et al**: Contrast media safety committee of the european society of urogenital radiology. Eur Radiol 12:2807-2812 (2002)
12. **Birnbaum BA, Nelson RC, Anderson FA, Chezmar JL, Glick SN**: Extravasation detection accessory: clinical evaluation in 500 patients. Radiology 212:431-438 (1999)
13. **Cochran ST, Bomyea K, Sayre JW**: Trends in adverse events after IV administration of contrast media. Am J Roentgenol 176:1385-1388 (2001)
14. **Miles SG, Rasmussen JF, Litwiller T**: Safe use of an intraveous power injector for CT: experience and protocol. Radiology 190:69-70 (1990)
15. **Vandeweyer E, Heymans O, Deraemaecker R**: Extravasation injuries and emergency suction as treatment. Plast Reconstr Surg 105:109-110 (2000)
16. **Grabb WC, Myers MB**: *Skin Flaps*. 1st ed, Little, Brown and Company, Boston, MA (1975), pp. 11-19
17. **Shaeffer J, Sigfred SV, Sevcik MA, Grabowy RS, Gemmell LA, Hirschman AD**: Early detection of extravasation of radiographic contrast medium. Radiology 184:141-144 (1992)

An Experimental Study for the Prevention of CT Contrast Media Extravasation with Extravasation Detection Accessory System in Femoral Vein of Rabbit

Dae Cheol Kweon*, Seok Hee Jeong†, Sung Hwan Yang‡, Mun Son Cho†, Keun Jo Jang§, Sun Geun Kim‖, Beong Gyu Yoo¶, Jong Seok Lee¶

*Departments of Diagnostic Radiology, †Biomedical Engineering, Seoul National University Hospital, ‡Department of Prosthetics and Orthotics, Korean National College of Rehabilitation and Welfare, §Department of Diagnostic Radiology, Presbyterian Medical Center, ‖Department of Diagnostic Radiology, Woosuk University Oriental Medicine Hospital, ¶Department of Radiotechnology, Wonkwang Health Science College

To assess the ability of an extravasation detection accessory (EDA) to detect the clinically important extravascular injection of iodinated contrast material that was delivered with an automated mechanical power injector. The purpose of this study was to assess the ability of this device during clinically important episodes of extravasation. The EDA system was composed of a strain gage, an amplifier and a computer-based system. In the rabbit experimental cases, there were seven true-positive cases (range of the extravasation volumes: 14~23 ml). The algorithm results showed seven true-positive cases (range of the extravasation volumes: 7~16 ml), nineteen true-negative cases, two false-positive cases and no false-negative cases. The EDA system had a sensitivity of 100% and a specificity of 90% 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: Contrast media, Extravasation, EDA system, Computed tomography